



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKČNÍ NÁVRH OSOBNÍHO VÝTAHU UMÍSTĚNÉHO VE SVAHU

DESIGN OF HILLSIDE ELEVATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ROMAN LÁTAL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ DVOŘÁČEK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Roman Látal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu

v anglickém jazyce:

Design of hillside elevator

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh šikmého výtahu pro dopravu max. 4 osob, nosnost 400 kg s možností demontáže sedaček v kabině a následné přepravě materiálu, délka výtahu 40m, sklon 25st.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Návrh konstrukčních řešení
5. Výsledné konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, návrhový výkres

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2014.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. Konstruování strojních součástí. Vyd. 1. Brno : Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUT IUM, 2010. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Dvořáček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 19.11.2013



u.ř. Hartl

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

M. Doupovec

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí výtahu do svahu pod úhlem 25° pro 4 osoby s celkovou nosností 400 kg. Konstrukce je rozdělena do dvou bakalářských prací, přičemž tato práce je zaměřena na návrh konstrukce kabiny výtahu. Práce obsahuje konstrukční zpracování kabiny a výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

Šikmý výtah, kabina, svahový výtah

ABSTRACT

Bachelor's thesis is covering a topic of construction of slope elevator with a tilt of 25 degrees for four people with total capacity of 400 kilograms. The construction is divided into two bachelor's theses and this thesis is focused to the design of cabin construction. This thesis contains constructional design of the cabin and its technical drawings.

KEY WORDS

Elevator with tilt, cabin, slope elevator

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LÁTAL, R. *Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014 73 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Dvořáček, P.hD..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou *Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu* vypracoval samostatně za pomoci odborné literatury a pramenů na seznamu, které tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Jiří Dvořáčkovi, P.hD. za obrovskou ochotu a pomoc při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a kamarádům za psychickou podporu a cenné rady. Především děkuji Tomáši Jarošovi za trpělivost a skvělou spolupráci během zpracovávání tohoto společného tématu.

OBSAH

OBSAH	11
ÚVOD	13
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
1.1 Rozdělení výtahů podle druhu pohonu	14
1.1.1 Výtahy s hydraulickým pohonem	15
1.1.2 Výtahy s pneumatickým pohonem	16
1.1.3 Výtahy s elektrickým pohonem	16
1.2 Hlavní části výtahů	18
1.3 Šikmé výtahy	20
1.4 Druhy kabin	21
1.4.1 Kabiny osobních výtahů	21
1.4.2 Uzavřené kabiny lanovek	21
1.4.3 Otevřené kabiny lanovek	22
1.4.4 Zhodnocení	22
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	23
3 VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ	24
3.1 Rám kabiny	24
3.2 Sedadlo	25
3.2.1 Pevná sedadla	26
3.2.2 Sklopná sedadla	26
3.2.3 Zhodnocení	27
3.3 Podlaha	28
3.3.1 Protiskluzový děrovaný plech	28
3.3.2 Podlahový rošt	29
3.3.3 Protiskluzový plech	29
3.3.4 Zhodnocení	29
3.4 Dveře kabiny	30
3.4.1 Jednokřídlé dveře	30
3.4.2 Dvoukřídlé dveře	31
3.4.3 Posuvné dveře	32
3.4.4 Zhodnocení	32
3.5 Opláštění	32
3.5.1 Plastové plechy	32
3.5.2 Ocelové plechy	33
3.5.3 Zhodnocení	33
3.6 Úložný prostor	35
3.6.1 Drátěný koš	35
3.6.2 Plechový koš	35
3.6.3 Zhodnocení	36
3.7 Uchycení klece k podvozku	37
3.7.1 Zhodnocení	38
3.8 Návrh nástupní plošiny	38
3.8.1 Zhodnocení	39
3.9 Elektronické prvky	39
3.9.1 Řídící stanice	39
3.9.2 Snímač zavřených dveří	39

3.9.3 Zhodnocení	40
4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	41
4.1 Cenová kalkulace	41
4.2 Výpočty	42
4.2.1 Kontrolní výpočet podlahových podpor	43
4.2.2 Kontrolní výpočet předepjatého šroubového spoje	47
4.2.3 Kontrolní výpočet čepu lavečky	52
4.2.4 Kontrolní výpočet čtvercových profilů sklopného sedátka	55
4.2.5 Kontrolní výpočet příčky držící sklopné sedadlo	57
4.2.6 Kontrola kabiny na průhyb	60
5 DISKUZE	62
6 ZÁVĚR	63
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	66
9 SEZNAM OBRÁZKŮ	69
10 SEZNAM TABULEK	71
11 SEZNAM PŘÍLOH	72

ÚVOD

Výtahem rozumíme strojní zařízení, které slouží k vertikální dopravě osob a břemen mezi dvěma nebo více místy [1]. Nosnou částí kabiny je plošina, na které spočívají osoby nebo náklad. Klec kabiny je vedena pevnými vodítky. Práce výtahu je většinou přerušovaná, to znamená, že při nástupu nebo výstupu osob výtah stojí. V opačném případě, kdy se nástup a výstup osob provádí během pohybu kabiny, se výtah nazývá páternoster.

Důvody konstrukce výtahů jsou přirozené. Snaha ulehčit si práci je provázena člověkem samým. Nejprve se mechanizace dopravy do vyšších poloh týkala břemen a později i osob.

První zmínka o výtahu je spojena s řeckým matematikem a fyzikem Archimédem (r. 236 př. n. l.). Archimédova klec výtahu byla zavěšena na konopném laně a vrátek měl ruční pohon. Obdobný výtah měl ve svém paláci římský císař Nero či o mnoho let později papež ve Vatikánu, kde byl výtah poháněn pomocí lidské síly ve šlapacím kole.

První výtah s protizávažím byl sestaven pro dvůr francouzského krále Ludvíka XIV. na přelomu 17. a 18. století.

Pozdějšímu rozvoji výtahů bránily společensko-hospodářské poměry a technické nedostatky, zejména nedostatek vhodného pohonu. V 19. století dochází k rozvoji výtahů, které jsou poháněny parním strojem. V roce 1853 americký vynálezce Elisha Graves Otis demonstroval první bezpečnostní zařízení v případě přetržení nosných orgánů, čímž se důvěra veřejnosti vůči výtahům jako takovým značně zvýšila. Zachycovací ústrojí bylo tvořeno dvěma odpruženými západkami, které při přetržení nosného konopného lana zapadly do výřezů v hřebenech připevněných k vodítkům po celé délce zdvihu [1]. V roce 1857 Elisha Otis a Otis Elevator Company začali vyrábět osobní výtahy. První osobní výtah vybavený zachycovacím ústrojím byl instalován v obchodním domě E.W. Haughwout Company v New Yorku téhož roku. Díky pokroku ve vývoji parního pohonu, použití ocelových lan a díky nárůstu požadavku vertikální dopravy v budovách o větším počtu pater se stavba výtahů začala značně rozšiřovat. Pohon výtahů byl pouze bubnový, trakční pohon byl realizován o mnoho let později.

Hlavní změnu v konstrukci výtahů přinesl vynález elektrického pohonu. V roce 1880 Werner von Siemens vystavil na průmyslové výstavě v Mannheimu svůj první výtah poháněný elektromotorem. V USA se první výtah s elektrickým pohonem objevil až v roce 1889, kdy byly všechny výtahy konstrukčně shodné s předchozími, ale pouze stroj byl nahrazen elektromotorem [1].

Rok 1890 byl dalším mezníkem ve vývoji výtahů. A. Freissler postavil kolejový výtah s trakčním (třecím) pohonem, který sloužil k dopravě osob na vrchol hory Mochsberg u Salzburgu. Tažné lano bylo opásáno kolem hnacího kotouče a jeho konce připojeny k dvěma kabinám jezdícím po kolejnicích na šikmé dráze délky 66 m. Angličan Marryat použil o pět let později třecí kotouč k pohonu výtahu ve vertikální šachtě [1].

Postupným vývojem se dospělo ke konstrukčnímu řešení výtahů, jak je známe dnes.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Po mnoha letech úsilí a snah o zlepšení technických a provozních vlastností výtahů lze jejich vývoj, po provozní stránce, považovat téměř za dokončený. Vzhledem ke krátké jízdní dráze, už není možné rychlost kabiny dále stupňovat (s výjimkou vysokých zdvihů). Vyššího zrychlení než je dnešní hodnota 1,2 až 1,5 m/s² není možné dosáhnout, pokud nechceme, aby cestující pociťovali nepříjemné pocity při rozjezdu, resp. zastavení. Při konstantní rychlosti cestující jízdu téměř nevnímají, převážně díky dokonale opracovanému valivému vedení kabiny na vodičkách. Široké a mělké kabiny zaručí rychlý nástup a výstup cestujících. Rychlost otevírání dveří se vzhledem k bezpečnosti provozu též dostala na maximální mez.

Analyzujeme-li současný stav výtahové techniky, dojdeme k závěru, že v blízké budoucnosti se nedočkáme převratných změn v oblasti výtahové techniky.

Největší pokrok se dá očekávat v oblasti montáže výtahů. Snahou je namontovat co nejvíce částí výtahů a převážné množství elektronických součástí až po dokončení stavebních prací na budově, a to z důvodu montážních nákladů, které rostou mechanickým poškozením částí výtahu ve stavebním prostředí.

1.1 Rozdělení výtahů podle druhu pohonu

Výtahy lze jednoduše klasifikovat podle druhu pohonu. V dnešní době, díky postupnému vývoji, se výtahy dají dělit do tří základních skupin:

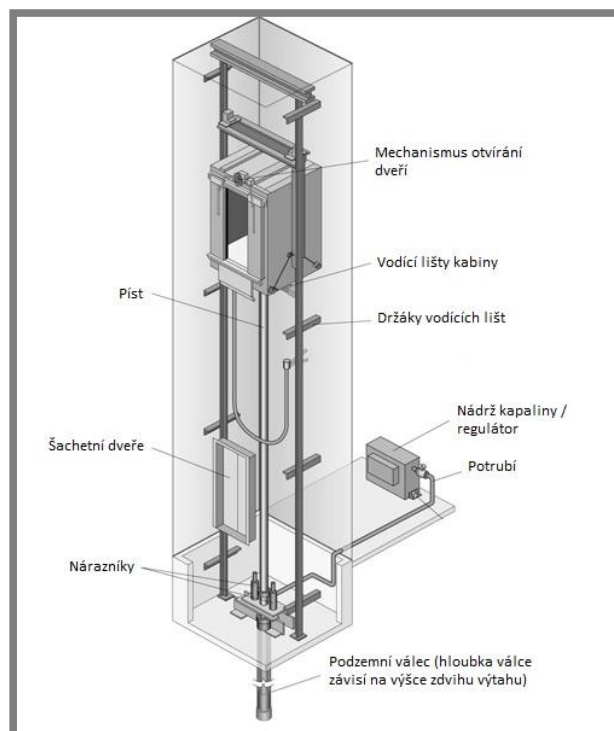
- výtahy s hydraulickým pohonem
- výtahy s pneumatickým pohonem
- výtahy s elektrickým pohonem

1.1.1 Výtahy s hydraulickým pohonem

Hydraulické výtahy vytváří zdvižnou sílu pomocí hydraulických pístů. Výtahy s hydraulickým pohonem se dají dělit do dvou skupin podle druhu pohonu [5]:

- s přímým pohonem
- s nepřímým pohonem

U výtahů s přímým pohonem působí píst bezprostředně na rám výtahu. U nepřímého pohonu působí píst na rám výtahu pomocí lan a kladky.

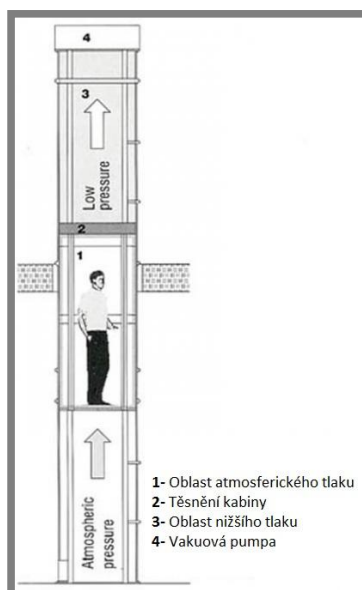


Obr. 1-1 Schéma hydraulického výtahu s přímým pohonem [5]

Přímý hydraulický pohon, viz obr 1-1, je levnější a konstrukčně jednodušší, avšak je limitován délkou pístu. Hodí se pro zdvih maximálně do 3 metrů. Nepřímý hydraulický pohon je vhodný pro budovy do 8 pater, kdy je zdvih okolo 21 metrů. Mezi výhody hydraulických výtahů patří nižší náklady na instalaci, větší flexibilita, protože strojovna může být prakticky kdekoli v domě i mimo něj, vyšší nosnost, tišší chod, neboť hydraulická jednotka pracuje jen při pohybu vzhůru, a menší poruchovost.

1.1.2 Výtahy s pneumatickým pohonem

Výtahy s pneumatickým pohonem, viz obr 1-2, se nejčastěji používají jako domovní výtahy. Tento výtah vyžaduje minimální prostor pro instalaci, proto je možné ho instalovat prakticky kdekoliv. Jako pohon se zde využívá turbína vytvářející v šachtě, vyrobené z průhledného plastu, podtlak, jenž zdvihá kabinu výtahu. Ve stanicích je kabina zajištěna elektro-mechanickou brzdou. Mezi výhody tohoto výtahu patří prostorová nenáročnost, protože tento výtah má minimální velikost strojovny, a také malá energetická spotřeba. Při rozjezdu však nemá výtah plynulé zvýšení rychlosti, což může být značně nepohodlné. Další nevýhodou je hluk při jízdě výtahu vzhůru. Tento typ výtahu nesplňuje ve spoustě států tamější bezpečnostní normy, proto je jeho výskyt v našich podmínkách ojedinělý.



Obr. 1-2 Schéma výtahu s pneumatickým pohonem [6]

1.1.3 Výtahy s elektrickým pohonem

Výtahy s elektrickým pohonem se dají dělit do několika skupin podle způsobu použití [1]:

- výtahy osobní a nákladní s doprovodem osob
- výtahy nákladní se zakázanou dopravou osob
- malé nákladní výtahy do nosnosti 100kg
- stolové výtahy
- osobní výtahy oběžné (páternostery)
- výsypné výtahy

Pohony elektrických výtahů se dělí do dvou základních skupin, dle ČSN EN 81.1:1999 [7]:

- třecí (trakční)
 - lanové
 - se závěsnou klecí na plochých řemenech
 - klec zavěšena na lanech, posuv třením o vedení klece
- kinematicky vázané
 - řetězové
 - bubnové

V dnešní době jsou nejčastěji používané výtahy trakční osobní, které najdeme v převážné většině veřejných budov a bytových center.



Obr. 1-3 Osobní trakční výtah [11]

Základními parametry výtahů jsou nosnost a jmenovitá dopravní rychlost. Nosností výtahu rozumíme nejvyšší dovolenou hmotnost břemene, kterým se smí za provozu klec zatížit. Jmenovitá dopravní rychlost je teoretická rychlost klece, pro kterou je výtah konstruován.

Dalšími parametry a údaji, blíže určujícími typ výtahu, jsou zejména [1]:

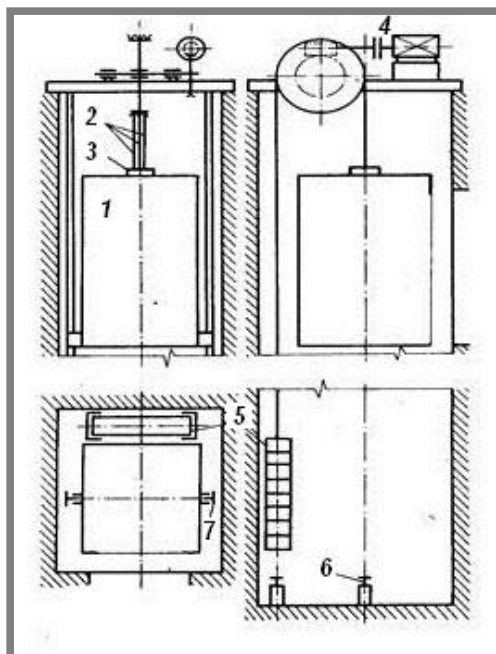
- zdvih a počet stanic-nástupišť (nákladišť)
- rozměry šachty, klece a strojovny
- napětí elektrické sítě, hustota spínání
- druh řízení výtahu
- provedení a ovládání šachetních dveří
- umístění výtahů v budově a stanovení prostředí podle ČSN 34 0070

1.2 Hlavní části výtahů

Dle [1] mezi hlavní části výtahů patří:

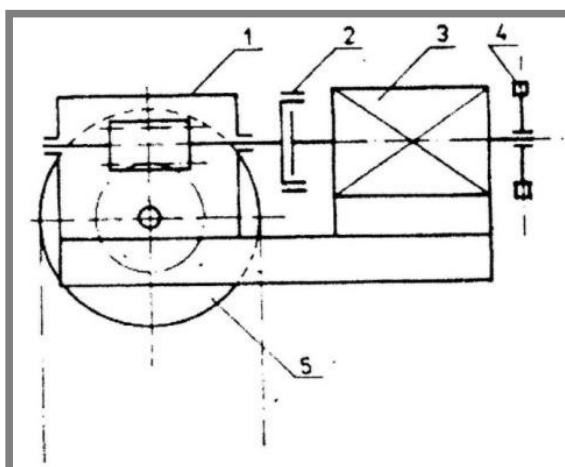
- Nosné prvky, tj. ocelová lana nebo kloubové řetězy, na kterých je zavěšena klec a vyvažovací závaží.
- Výtahový stroj, tj. zdvihací ústrojí výtahu, které je umístěno ve strojovně a skládá se z:
 - hnacího elektromotoru
 - mechanického a převodového ústrojí
 - stavící brzdy
 - hnacího lanového kotouče u trakčního pohonu, drážkového navíjecího bubnu u bubnového pohonu nebo hnací řetězové kladky u řetězového pohonu
 - spojek, hřídelů, čepů, ložisek
 - rámu výtahového stroje
- Klec, tj. nosná část výtahu, v níž se dopravují osoby nebo náklady. Je tvořena ocelovou kotrrou, ve které je uložena kabina. K ocelové kostře klece jsou připevněny:
 - závěs nosných orgánů
 - vodící čelisti, sloužící k vedení klece po vodítkách
 - zachycovače
 - závěs a pohon kabinových dveří
- Vyvažovací zařízení, tj. mechanismus, který vyvažuje hmotnost klece s kabinou a příslušenstvím a část hmotnosti břemene (40 až 50%). Stejně jako klec je vedeno vodítky buď v téže šachtě, nebo v šachtě samostatné.
- Výtahová šachta s vodítky a šachetními dveřmi, tj. je úplně nebo částečně ohrazený prostor, v němž se pohybuje klec a obvykle i vyvažovací závaží. Může být ocelová, zděná nebo železobetonová. Vodítka slouží k vedení klece a vyvažovacího závaží a k přenesení brzdné síly při činnosti zachycovacího ústrojí. Vodítka jsou uložena na konzolách (kotvách) vodítek pevně zakotvených ve stěně šachty nebo uložených na ocelové konstrukci šachty.
- Zachycovače, tj. mechanická zařízení upevněná na ocelové konstrukci klece nebo vyvažovacím závaží, která zachytí klec, resp. závaží na vodítkách, přetrhnou-li se nosné orgány nebo překročí-li dopravní rychlost předem stanovenou hodnotu při pohybu směrem dolů. Impuls k činnosti zachycovacího ústrojí může být odvozen od závěsu nosných orgánů nebo tzv. omezovače rychlosti umístěného ve strojovně výtahu.
- Nárazníky, tj. součásti umístěné ve spodní části výtahové šachty a sloužící k zastavení klece nebo vyvažovacího závaží při přjetí dolní krajní polohy.

- Ostatní bezpečnostní prvky, tj. např. koncové vypínače, závěsový spínač, uzávěrka šachetních a kabinových dveří.
- Osvětlení nástupišť a vnitřního prostoru kabiny.
- Řídicí systém výtahu.



Obr. 1-4 Schéma výtahu [8]

(1- klec; 2- zdvihací lana; 3- závěsy; 4- výtahový stroj; 5- vyvažovací závaží; 6- nárazníky;
7- vodítka v šachtě)



Obr. 1-5 Schéma výtahového stroje [8]

(1- šneková převodovka; 2- brzda se spojkou; 3- elektromotor; 4- ruční kolo; 5- lanová kladka)

1.3 Šikmé výtahy

Šikmé výtahy pro dopravu osob v České republice nejsou častou záležitostí. Zřejmě nejznámějším zařízením tohoto typu je lanová dráha vedoucí na Petřínskou rozhlednu, která byla sestrojena roku 1891.



Obr. 1-6 Lanová dráha na rozhlednu Petřín [9]

Dalšími podobnými zařízeními tohoto typu jsou šikmé nákladní výtahy, které jsou používány na stavbách a slouží k přepravě materiálu do vyšších pater budovy či na střechu.



Obr. 1-7 Stavební výtah Böcker HD 31K [10]

1.4 Druhy kabin

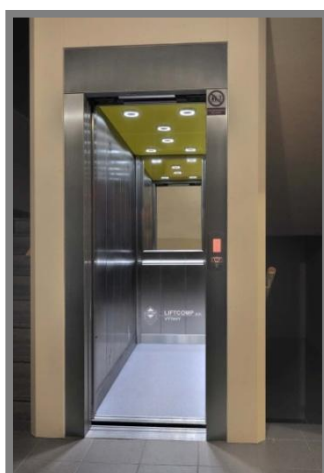
1.4

V této kapitole jsou vybrány kabiny zařízení, které se svou funkcí nejvíce podobají šikmému výtahu.

1.4.1 Kabiny osobních výtahů

1.4.1

Kabina osobního výtahu (dle ČSN EN 81-1+A3) musí být plnostěnná a zavřené dveře výtahu musí vstup, kromě provozně nutných mezer, zcela uzavírat. Tento typ kabin, vzhledem ke krátké době cestování, zpravidla nemá místo k sezení a cestující během jízdy musí stát, viz obr. 1-8. Ovládání výtahu je uvnitř kabiny a na nástupních místech. Požadavkem u těchto kabin je rychlý výstup a nástup pasažérů, z toho důvodu, se vyrábí široké a mělké (je-li to možné).

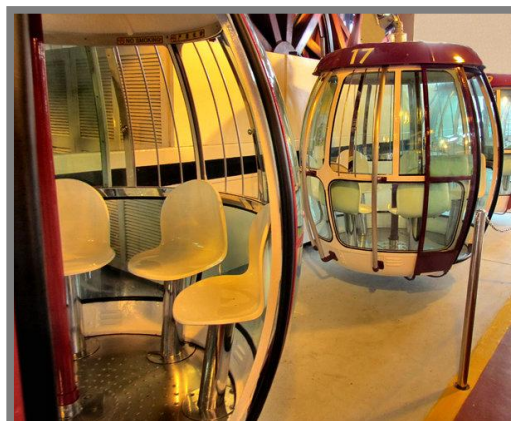


Obr. 1-8 Kabina osobního výtahu [11]

1.4.2 Uzavřené kabiny lanovek

1.4.2

Uzavřené kabiny lanovek se nachází převážně v lyžařských centrech a turistických oblastech. U těchto kabin se předpokládá delší doba cestování, proto jsou zastřešené a pro pohodlí cestujících obsahují sedačky, viz obr. 1-9. Uzavřené kabiny lanovek, vzhledem k provoznímu charakteru, neobsahují ovládací zařízení a lanová dráha je řízena obsluhou v ovládacích centrech.



Obr. 1-9 Uzavřená kabina lanovky [12]

1.4.3 Otevřené kabiny lanovek

Otevřené kabiny lanovek se též nachází v lyžařských centrech a turistických oblastech, viz 1.4.2. Otevřené kabiny se dají rozdělit do dvou základních kategorií, viz obr. 1-10:

- s posedem
- bez posedu

V obou těchto případech, díky absenci zastřešení, je cestující vystaven vlivům počasí, což není z hlediska pohodlí výhodné. Otevřené kabiny lanovek, vzhledem k provoznímu charakteru, neobsahují ovládací zařízení a lanová dráha je řízena obsluhou v ovládacích centrech.



Obr. 1-10 Otevřené kabiny lanovky [13], [14]

(1- kabina s posedem; 2- kabina bez posedu)

1.4.4 Zhodnocení

Rychlost pohybu kabiny šikmého výtahu bude malá a zařízení se nebude pohybovat ve velkých výškách. Za těchto okolností se nejlepší variantou pro náš případ jeví otevřená kabina s posedem, v kombinaci s kabinou osobních výtahů, viz kapitola 3.

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2

Osobní výtah umístěný ve svahu, který je předmětem této práce, se dá kategorizovat jako osobní elektrický trakční lanový výtah. V České republice není firma zabývající se výrobou těchto zařízení. V zámorí je firma Hill Hiker, Inc., která je nejznámějším výrobcem zařízení tohoto typu.

Mezi největší problémy doprovázející tvorbu této práce patří nedostatek potřebné literatury zabývající se tematikou šikmých výtahů. V případě norem je tento problém obdobný. Z tohoto důvodu je čerpáno z normy ČSN EN 81-1+A3, přičemž jsou vybrána nařízení, která jsou použitelná pro toto zařízení.

Cílem této práce je navrhnout konstrukční řešení kabiny výtahu, která splní veškeré bezpečnostní požadavky pro uvedení zařízení do provozu a následného schválení stavebním úřadem.

3 VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Při konstrukci kabiny je kladen důraz na co nejnižší cenu, ale zároveň na žádoucí funkčnost a design. Ve snaze dosáhnout co nejnižších nákladů se konstrukce skládá z co největšího množství součástí, které se dají koupit s ohledem na cenu a funkčnost. Dalším cílem je použití co největšího množství profilů stejného průřezu, čímž se zamezí nežádoucím zbytkům a odřezkům, které zapříčiní následné zvýšení ceny. Výhodou je také redukce váhy konstrukce, díky níž je možnost použití méně výkonného pohonu. Tím se sníží jednak energetická náročnost zařízení, ale i počáteční investice při nákupu pohonu.

3.1 Rám kabiny

Nejdůležitější částí kabiny je její rám, na který navazují veškeré další součásti. Při konstrukci rámu je jako první volen materiál. V tomto případě se nabízí možnost využití oceli nebo tvářených hliníkových slitin.

Pro dosažení co nejnižší hmotnosti, kdy hliníkové slitiny mají cca 3x menší hmotnost než ocel, je varianta užití oceli odsunuta do pozadí a vybírá se mezi hliníkovými slitinami.

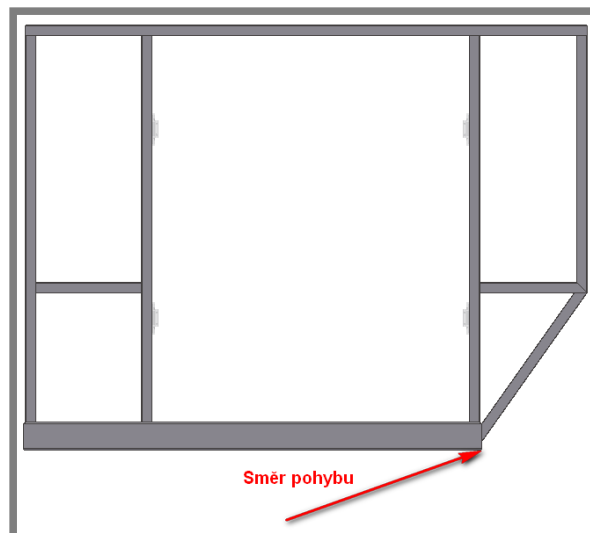
Tvářené hliníkové slitiny se dělí do několika podkategorií [15]:

- Slitiny hliníku s mědí a hořčíkem (Al-Cu-Mg, duraly), které dosahují značných pevností po vytvrzení. Jejich předností je přirozené stárnutí, nevýhodou je malá odolnost vůči korozi.
- Slitiny hliníku se zinkem, hořčíkem a mědí (Al-Zn-Mg-Cu), které jsou nejpevnější slitiny hliníku. Mají velmi dobré mechanické vlastnosti i ve svarech a dobrou stálost na vzduchu. Jejich nedostatkem je sklon ke korozi pod napětím a nižší lomová houževnatost.
- Slitiny hliníku s hořčíkem (Al-Mg), které mají výbornou odolnost vůči korozi, zejména v mořské vodě.
- Slitiny hliníku s manganem (Al-Mn), které mají vyšší pevnost, tvárnost a odolnost vůči korozi a používají se náhradou za čistý hliník.
- Slitiny hliníku s hořčíkem a křemíkem (Al-Mg-Si), které lze na rozdíl od Al-Mg vytvrdit. Jsou dobře tvárné a vařitelné, mají dobrou korozní odolnost a schopnost povrchových úprav, používají se zejména v letectví a stavebnictví.
- Slitiny hliníku s lithiem (Al-Li), které mají srovnatelnou pevnost v tahu s duraly, avšak na vzduchu snadno oxidují.

Jako nejvýhodnější materiál se jeví slitina Al-Mg-Si, konkrétně EN AW-6060 (AlMgSi0,5), z důvodu její velmi dobré odolnosti vůči korozi v běžných atmosférických podmínkách a dobré svařitelnosti. Polotovary ze slitiny EN AW-6060 jsou voleny podle nabídky firmy ALMS spol. s r.o.

Základní tvar kabiny a rozměry kabiny jsou zvoleny tak, aby bylo splněno zadání a to kapacita pro 4 osoby. Je nutno brát v potaz ergonomii člověka a snahu o co největší minimalizaci rozměru s relativním pohodlím pasažéra.

Jako základní tvar kabiny je brán obdélník s výklenkem na straně ve směru pohybu kvůli úspoře prostoru. Pro dostatečné zabezpečení a možnosti výhledu pasažérů je zvolena dle obr. 3-2 výška kabiny 1130mm. Další rozměry kabiny jsou přizpůsobeny rozměrům sedadla, viz kap. 3.2.

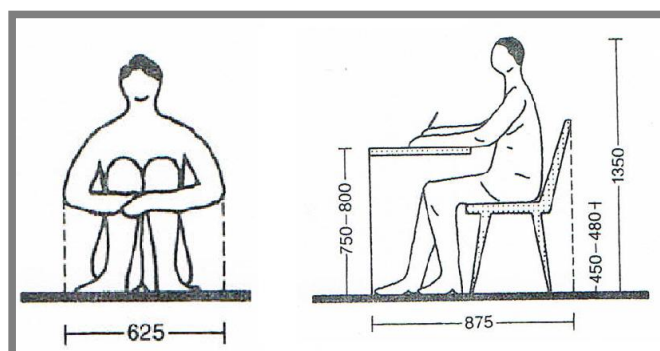


Obr. 3-1 Základní tvar kabiny

3.2 Sedadlo

3.2

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.1, v kabině musí být dostatek místa na sezení pro 4 osoby. Nejpraktičtější řešení je posed dvou osob v přední a dvou osob v zadní části kabiny. Rozměry posedu musí být navrženy tak, aby posed nezabíral velké množství prostoru, ale zároveň aby měl pasažér během jízdy, cca 2 min, dostatek pohodlí.



Obr. 3-2 Ergonomie člověka pro podobné případy [16]

Z [16] jsou vybrány případy nejvíce vystihující proporce člověka pro případ posedu v kabině. Dle obr. 3-2, je volena výška sedadla 475 mm, šířka sedadla 1130 mm, hloubka sedadla 300 mm, střední výška opěradla 250 mm a prostor mezi sedadly cca 900 mm. Na základě těchto rozměrů je nutno zvolit další rozměry posedu a kabiny.

3.2.1 Pevná sedadla

Sedadla jsou uchycena šroubovými spoji k tyčím průřezu L 40x10x3-240, které jsou přivařeny k rámu kabiny, a jsou tvořena dvěma deskami o délce 1130 mm. Stejný materiál je použit na opěradlo, které je též spojeno pomocí šroubového spoje s tyčemi průřezu L 40x10x3-100, jež jsou opět přivařeny k rámu kabiny, viz obr. 3-3 a 3-4.



Obr. 3-3 Náhled varianty A

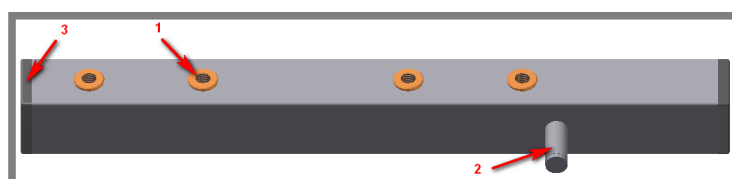


Obr. 3-4 Náhled varianty A, detail spoje

Výhodou tohoto provedení je bezesporu jeho jednoduchost a také jeho cena. Nevýhodou zůstává, že v případě potřeby naložení rozměrného nákladu je nutné sedadla rozmontovat aby došlo ke zvětšení prostoru kabiny.

3.2.2 Sklopná sedadla

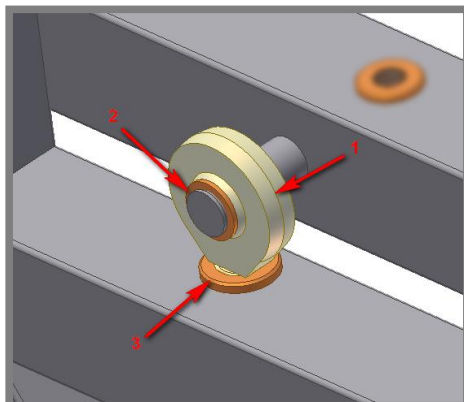
Sedadla jsou uchycena na kloubech, které v případě potřeby umožňují odklopení sedadel. Obsahují uzavřené čtvercové profily 30x30x2-301, ve kterých jsou nalisovány nýtovací matice pro šroub M8x25. Na profilech jsou přivařeny čepy, okolo kterých se mohou sedadla vyklápět. Okraje profilů jsou zakryty pomocí plastových ucpávek, viz obr. 3-5.



Obr. 3-5 Čtvercový profil 30x30x2-301

(1- nýtovací matice; 2- čep; 3- plastová ucpávka)

Uzavřené čtvercové profily 30x30x2-210 jsou přes čepy připojeny ke kloubovým hlavicím s kluzným uložením a jsou zajištěny pojistnými kroužky. Kloubové hlavice s kluzným uložením jsou pak pomocí nýtovacích matic připojeny k rámu kabiny, viz obr. 3-6.

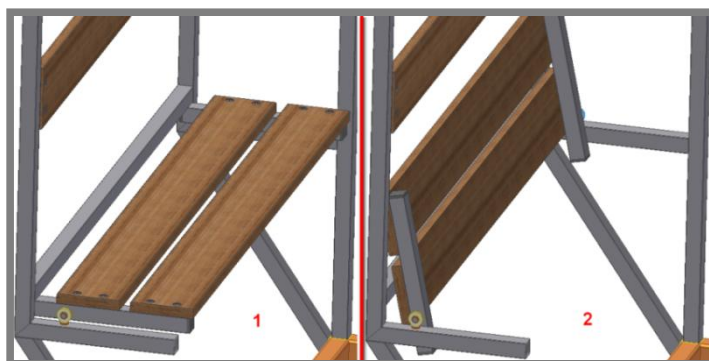


Obr. 3-6 Kloubový spoj

(1- kloubová hlavice s kluzným uložením; 2- pojistný kroužek; 3- nýtovací matice)

K uzavřeným čtvercovým profilům 30x30x2-210 jsou přišroubovány dřevěné desky plnící funkci sedátka.

Výhodou této varianty je možnost sklopit sedadla v případě potřeby a tím zvětšit použitelný prostor kabiny, viz obr. 3-7.



Obr. 3-7 Krajní polohy sedátka

(1- dolní krajní poloha; 2- horní krajní poloha)

Oproti variantě 3.2.1 je však konstrukce složitější a také finančně náročnější.

3.2.3 Zhodnocení

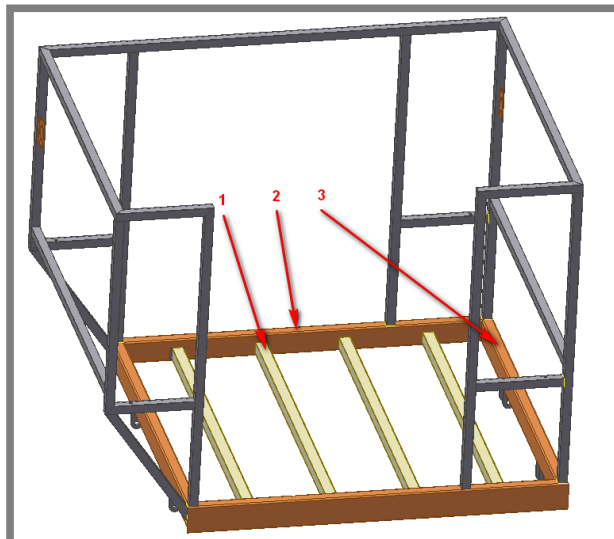
Při sklopení sedadel je zvětšen prostor kabiny a tím je umožněno naložit rozměrnější náklad. Pevná sedadla mají možnost zvětšení prostoru kabiny také, ale pouze po rozebrání šroubových spojů.

Sklopná sedadla jsou proto z hlediska užitečnosti nejvýhodnější.

3.2.3

3.3 Podlaha

Podlaha kabiny je položena na uzavřených čtvercových profilech 40x40x2-1220, které jsou přivařeny k základně kabiny pomocí koutových svarů. Základna kabiny je tvořena uzavřenými obdélníkovými profilem 80x40x3, které jsou k sobě přivařeny, viz obr. 3-8.

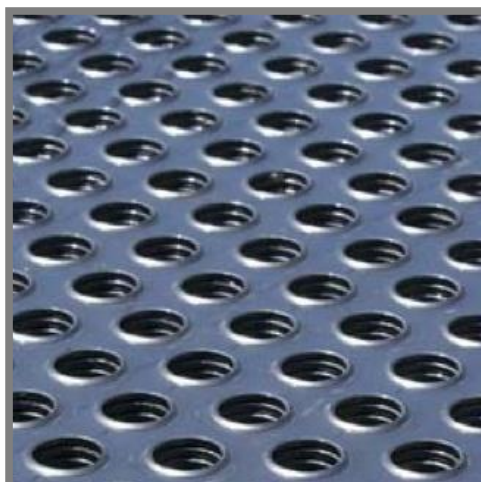


Obr. 3-8 Základna kabiny

(1- uzavřený čtvercový profil 40x40x2-1220; 2- uzavřený čtvercový profil 80x40x3-1300;
3- uzavřený obdélníkový profil 80x40x3-1200)

3.3.1 Protiskluzový děrovaný plech

Podlaha je tvořena pomocí protiskluzového děrovaného plechu.



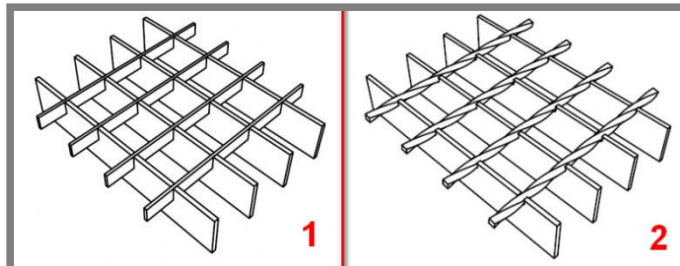
Obr. 3-9 Protiskluzový děrovaný plech [17]

Plech je perforován a díky lemování děr je dosaženo velkého tření, což zamezí případnému uklouznutí pasažéra. Plech má ovšem tendenci se prohýbat, což je nepřijatelné a je nutné tomu zabránit dostatečným počtem podpěr. S ohledem na tyto skutečnosti je protiskluzový děrovaný plech nevýhodný.

3.3.2 Podlahový rošt

3.3.2

V této variantě je podlaha tvořena podlahovým roštem. Podlahové rošty se vyrábí dvěma způsoby, a to pomocí lisování i odporového svařování. Firmou Lichtgitter CZ spol. s r.o. je doporučován rošt vyrobený pomocí lisování pro co nejnižší náklady konstrukce.



Obr. 3-10 Podlahový rošt [18]

(1- lisovaný; 2- svařovaný)

Podlahové rošty mají díky své konstrukci značnou nosnost a tak není třeba velkého množství podpor, což je výhodné.

V případě této varianty je brána v potaz nutnost krytování součástí upevněných na podvozku (motor, zachycovač) kvůli ochraně proti mechanickým nečistotám a dešti.

3.3.3 Protiskluzový plech

3.3.3

V této variantě je podlaha tvořena protiskluzovým plechem.



Obr. 3-11 Protiskluzový plech [19]

Výhodou tohoto provedení je ochrana součástí upevněných na podvozku proti mechanickým nečistotám a dešti.

Plech, stejně jako ve variantě 3.3.1, má však tendenci se prohýbat. Ve snaze tomu zabránit se zvyšuje množství podpěr, což opět navýší výrobní náklady.

3.3.4 Zhodnocení

3.3.4

Z hlediska ceny a nosnosti je nejvýhodnější varianta s lisovaným podlahovým roštem P 225-33/11-3 (výška roštu 25 mm, oko 33/11) o rozměrech 1110x1210 mm, který svou nosností značně převyšuje maximální zatížení podlahy při požadované nosnosti kabiny 400 kg. Díky struktuře podlahového roštu je zatížení příznivě rozloženo a je možné i provedení případných dodatečných malých výřezů, aniž by byla výrazně snížena nosnost roštu.

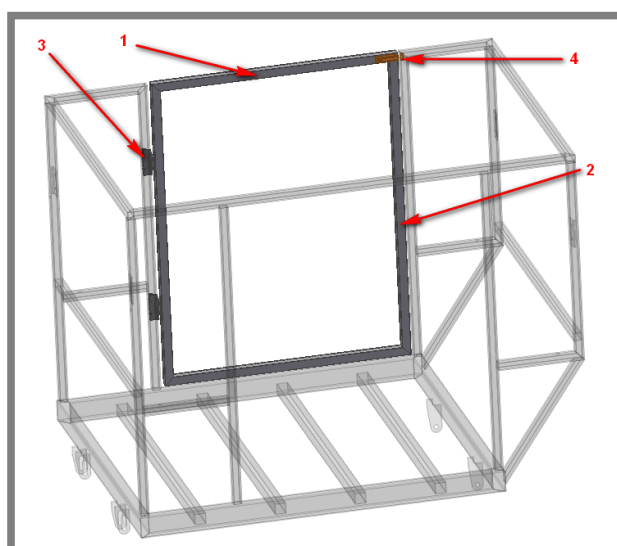
3.4 Dveře kabiny

Dle normy ČSN EN 81-1+A3 musí mít vstup do klece dveře, které jsou plnostěnné. Zavřené dveře kabiny musejí vstup zcela uzavírat. Při zavření musejí být mezery mezi dveřními díly co nejmenší. U otočných dveří se musejí použít dorazy, které zabraňují pohybu dveří ven z klece.

Při volbě typu dveří, přičemž je šířka nástupního prostoru 900 mm, se pohlíží zejména na pohodlnost otevírání, jejich jednoduchost a bezpečnost.

3.4.1 Jednokřídlé dveře

Jednokřídlé dveře jsou svařené z uzavřených čtvercových profilů 30x30x3, které jsou přišroubovány na hliníkových pantech (Schüco č.243545) a zajištěny proti samovolnému otevření pomocí západky.



Obr. 3-12 Jednokřídlé dveře

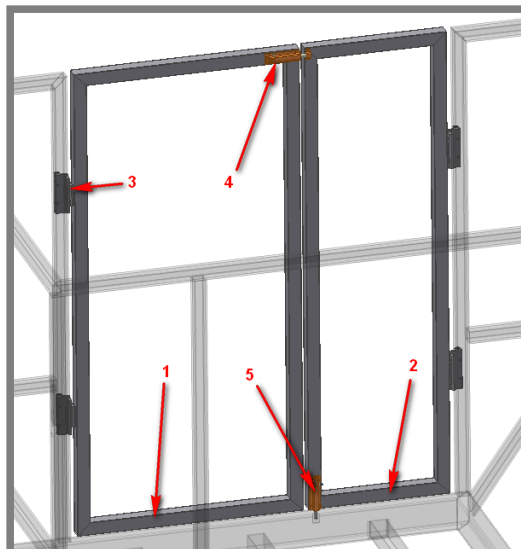
(1- uzavřený čtvercový profil 30x30x3-875; 2- uzavřený čtvercový profil 30x30x3-1120;
3- hliníkový pant (Schüco č.243545); 4- západka)

Hliníkové panty (Schüco č.243545) jsou převzaty z konstrukce hliníkových oken a to z důvodu zamezení zvýšení rizika koroze vlivem interakce hliníku s ocelí, ze které je většina pantů na trhu vyrobena a také kvůli příjemnému designu.

Jednokřídlé dveře jsou výhodné svou jednoduchostí, ale nevýhodné z hlediska velikosti křídla dveří, které je nepohodlné na otevření a při otevírání je potřeba velký prostor.

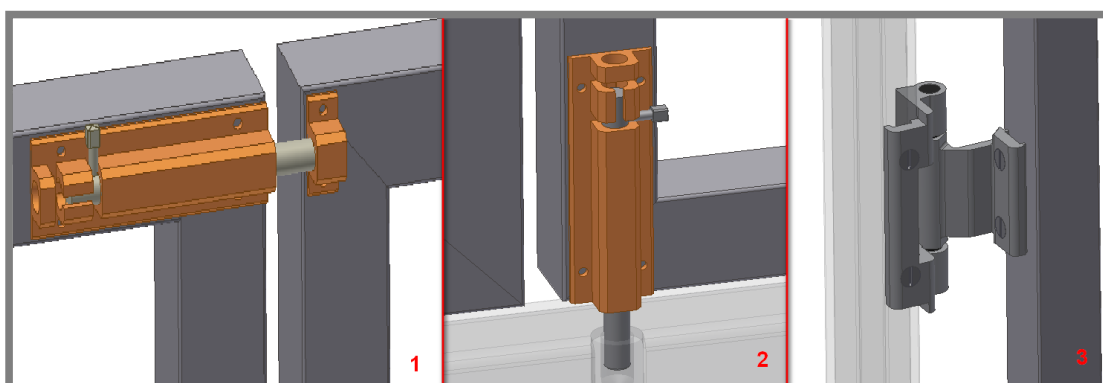
3.4.2 Dvoukřídlové dveře

Dvoukřídlové dveře jsou vyrobeny z uzavřených čtvercových profilů 30x30x3, kdy jedno z křídel dveří (vedlejší, viz obr. 3-13) je převážně v poloze zavřeno s možností otevření v případě potřeby naložení rozměrnějšího nákladu.



Obr. 3-13 Dvoukřídlové dveře

(1- hlavní křídlo; 2- vedlejší křídlo; 3- hliníkový pant; 4- západka; 5- dvevní zarážka)



Obr. 3-14 Dvoukřídlové dveře detail

(1- západka; 2- dvevní zarážka; 3- hliníkový pant)

Dvoukřídlové dveře jsou připevněny na pantech, viz varianta 3.4.1, kde je hlavní křídlo zajištěno proti samovolnému otevření pomocí západky v křídle vedlejším. Vedlejší křídlo je zajištěno pomocí dvevní zarážky v rámu kabiny.

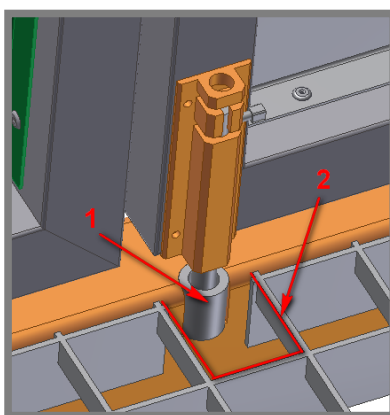
Tímto provedením se docílí uživatelsky přívětivějšího ovládání, které však vede k nárůstu ceny.

3.4.3 Posuvné dveře

Další variantou jsou dveře vodorovně posuvné, jejichž hliníkový rám je připevněn na plastových kolečkách, které jsou pak valeny ve vedení. Výhodou této varianty je šetření prostoru, jenž je při otevírání zabírán dveřmi otočnými. Posuvné dveře je však nutné udržovat častěji než dveře otočné, a to kvůli mechanickému znečišťování vedení.

3.4.4 Zhodnocení

Je zvolena varianta dvoukřídlých dveří z důvodu pohodlnosti otevírání a redukci prostoru, který dveře při otevírání zabírají. V případě této varianty je nutné vytvořit v okolí protikusu dvevní zarážky výřez v podlahovém roštu, viz obr. 3-15, což je přípustné, viz 3.3.4.



Obr. 3-15 Detail na okolí protikusu dvevní zarážky
(1- protikus dvevní zarážky; 2- výřez)

3.5 Opláštění

Kabina výtahu musí být opláštěná kvůli bezpečnosti během jízdy. Volba typu a barvy opláštění určuje hlavní designovou stránku výtahu, viz obr. 3-17.

3.5.1 Plastové plechy

Opláštění je provedeno pomocí plných nebo perforovaných plastových plechů. Tyto plechy jsou vyráběny ve velkém množství variací perforace a barevných odstínů. Plast sám o sobě je velice lehkým materiálem a volbou vhodného druhu se dá docílit i vysoké pevnosti, je ovšem nutno brát v potaz vystavení venkovním vlivům, které po čase mohou vést k nežádoucímu stárnutí plastového materiálu a způsobí jeho vyblednutí, ztrátu pružnosti a praskání. Na základě snahy dosáhnout nejvyšší možné trvanlivosti se jeví tato varianta jako nevhodná.

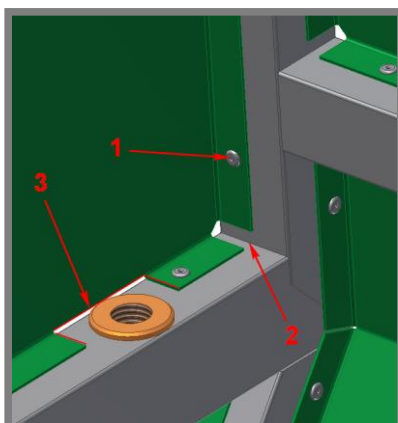
3.5.2 Ocelové plechy

3.5.2

Při opláštění pomocí plných nebo perforovaných ocelových plechů je nutné pohlížet na interakci ocelového plechu s hliníkovým rámem, která způsobuje zvýšení rizika koroze. Kvalitní povrchovou úpravou oceli je možné zamezit korozi. V tomto případě je vhodné použít komaxit.

Komaxit je povrchová úprava kovu práškovým plastem, který je použitelný pouze u elektricky vodivých materiálů, čemuž ocel vyhovuje.

Ocelové plechy jsou ohnuty a připevněny ke kabině pomocí trhacích nýtů. Plechy jsou ohnuty tak, aby jejich rohy byly prázdné, kvůli potřebě volného prostoru, jenž je vyhrazen pro svar. V případě potřeby jsou v lemech plechu vyříznuty otvory, aby nebránily dalším částem kabiny, viz obr. 3-16.



Obr. 3-16 Detail opláštění

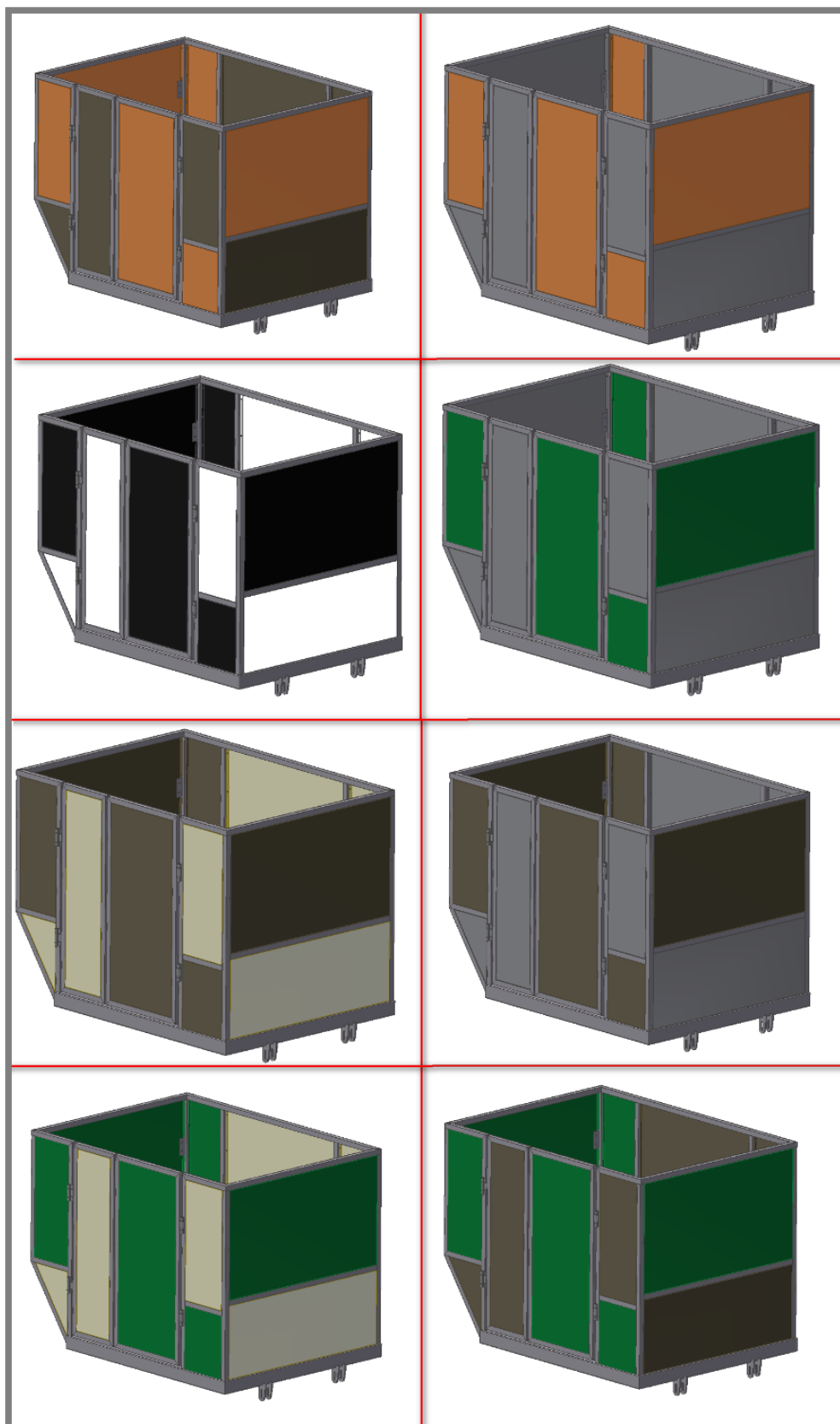
(1- trhací nýt; 2- prostor pro svar; 3- výřez)

Vzhledem k nutnosti pokrytí povrchu ochrannou vrstvou proti korozi je možnost výběru barevných kombinací pro opláštění, viz obr. 3-17.

3.5.3 Zhodnocení

3.5.3

Z důvodu trvanlivosti je volena varianta s ocelovými plechy ošetřenými komaxitem, které jsou ohnuty a přinýtovány trhacími nýty k rámu kabiny. Zařízení se bude nacházet ve svahu, který je v obytné zóně, proto je zvolena zeleno šedá kombinace barev, díky níž nebude zařízení vizuálně rušit.



Obr. 3-17 Barevné kombinace opláštění kabiny

3.6 Úložný prostor

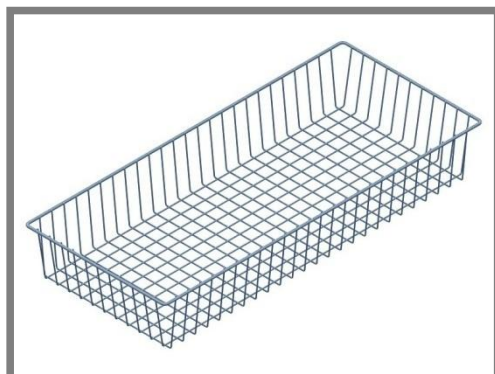
3.6

Kabina výtahu je koncipována tak, aby její rozměry byly co nejmenší. Z toho důvodu může při naplnění plné kapacity cestujících nastat problém s odložení příručních zavazadel. Proto je výhodný přechodný úložný prostor.

3.6.1 Drátěný koš

3.6.1

Úložný prostor je tvořen pomocí drátěného koše připevněného k vnějšku kabiny.



Obr. 3-18 Drátěný koš [20]

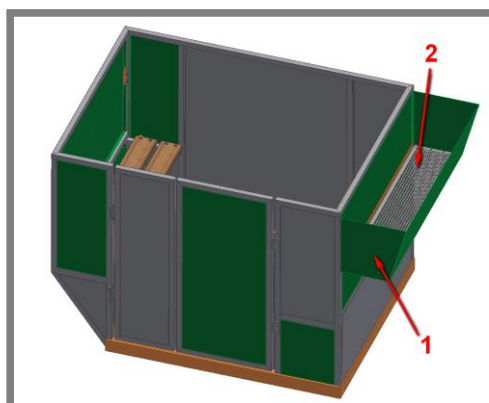
Výhodou této varianty je, že se v případě deště v místě úložného prostoru neshromažďuje voda, dále pak jeho jednoduchost i skutečnost, že tento typ drátěných košů je možné běžně koupit.

Nevýhodou je, že z hlediska designu neladí drátěný koš s koncepcí výtahu a nevyrábí se v potřebných rozměrech.

3.6.2 Plechový koš

3.6.2

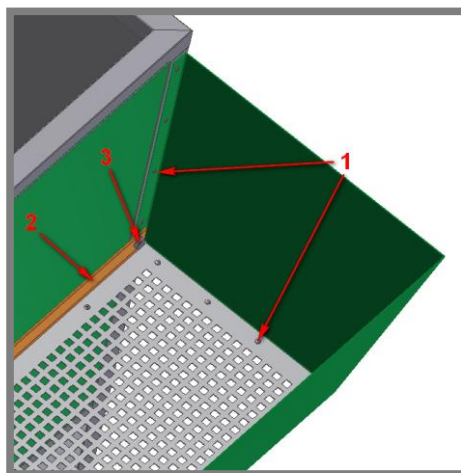
Plechový koš je tvořen pomocí ohnutého plechu připevněného ke kleci trhacími nýty a dno koše je tvořeno plechem stejné tloušťky se čtvercovou perforací o rozměrech 8x8 mm a roztečí 14 mm, viz obr. 3-19.



Obr. 3-19 Náhled na kabinu s plechovým košem

(1- ohnutý plech; 2- perforovaný plech)

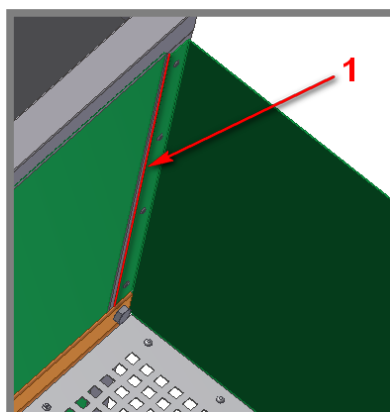
Pomocí trhacích nýtů je dno koše připevněno k ohnutému plechu, který tvoří plášť a k tyči průřezu L 30x20x2-1175, jež je připevněna k rámu výtahu pomocí šroubového spoje, viz obr. 3-20.



Obr. 3-20 Detail plechového koše

(1- trhací nýty; 2- tyč průřezu L 30x20x2-1175; 3- šroubový spoj)

Při montáži a během užívání může dojít k deformaci obruby a tím se zvýší riziko poškození odložených předmětů. Z tohoto důvodu je doporučeno použít plastové lišty pro zakrytí ostrých okrajů plechu, viz obr. 3-21.



Obr. 3-21 Detail obruby

(1- místo pro plastovou lištu)

Plechový koš díky své koncepci ladí s designem klece. V případě deště nedochází díky perforovanému dnu ke shromažďování vody.

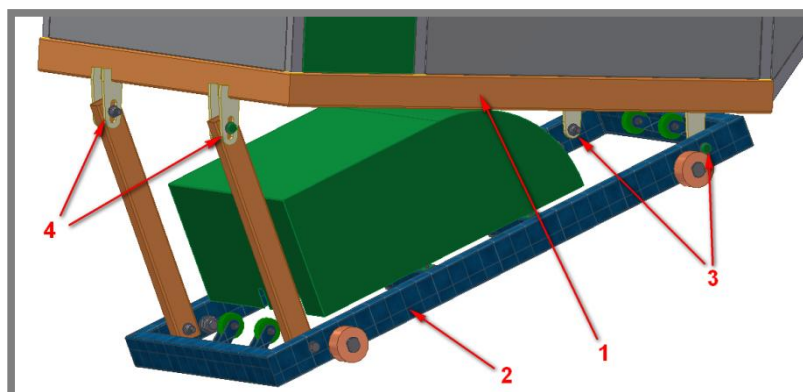
Nevýhodnou je skutečnost, že plechový koš je nutné vyrobit, čímž se zvýší náklady na výrobu.

3.6.3 Zhodnocení

Ve snaze dosáhnout velkého úložného prostoru se jeví varianta s plechovým košem jako nejvýhodnější. Plechy tvořící úložný prostor je nutné povrchově upravit pomocí komaxitu pro zamezení koroze. Díky povrchové úpravě se docílí sjednocení designu s opláštěním klece.

3.7 Uchycení klece k podvozku

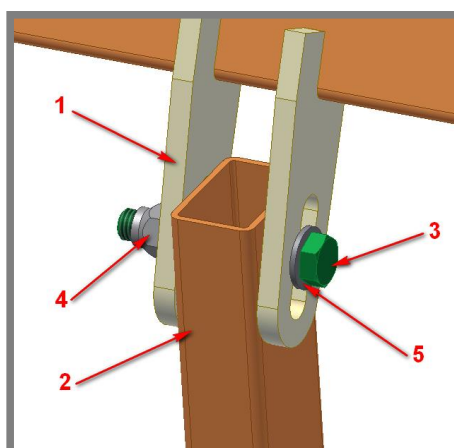
Klec výtahu je nutno připojit k podvozku. Ke spojení dochází pomocí šroubových spojů, které musí být provedeny tak, aby podlaha klece výtahu byla ve vodorovné poloze. Podvozek výtahu jede po dráze, jež je pod úhlem 25° , dle zadání. Z těchto důvodů je klec výtahu s podvozkem v přední části spojena přímo a v zadní části přes uzavřený obdélníkový profil $60 \times 40 \times 3 - 600$, viz obr. 3-22.



Obr. 3-22 Uchycení klece k podvozku

(1- klec výtahu; 2- podvozek výtahu; 3- přední přímý spoj; 4- zadní spoj přes uzavřený obdélníkový profil $60 \times 40 \times 3 - 600$)

Během stavby dráhy, která vede podvozek, může dojít k určitým nepřesnostem, takže odchylka dráhy od vodorovné polohy nemusí být taková, jak je zadáno (25°). To zapříčiňuje, že je ve šroubovém spoji, který je v zadní části kabiny, vytvořena drážka, díky které je možné regulovat polohu kabiny vůči zadaným 25° o $\pm 1^\circ$ a přepětí, které spoj zajistí proti prosmýknutí.



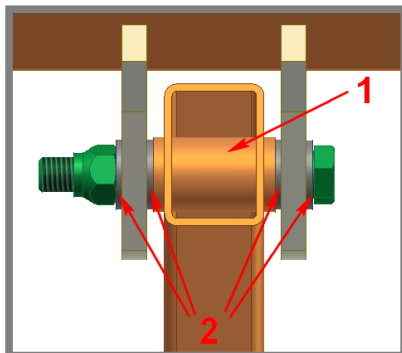
Obr. 3-23 Detail předepjatého šroubového spoje 1

(1- zadní úchyt s drážkou; 2- uzavřený čtvercový profil $60 \times 40 \times 3 - 600$; 3- šroub M14 x 90; 4- samojistná matice M14 x 2; 5- kruhová podložka 14 - 140 HV)

3.7.1 Zhodnocení

V případě velké síly předepjatí může dojít k deformaci uzavřeného obdélníkového profilu 60x40x3-600, z tohoto důvodu je pro zvýšení tuhosti do profilu navařena kruhová tyč Ø30 s vyvrtanou vřetovou dírou pro šroub, viz obr 3-24.

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.1, rám klece výtahu je vyroben z hliníkové slitiny, ovšem podvozek výtahu je vyroben z konstrukční oceli. Kvůli zvýšení rizika koroze je nutné zamezit styku těchto dvou materiálů. Zamezení přímého styku oceli s hliníkovou slitinou je uskutečněno pomocí nerezových podložek, které od sebe tyto dva materiály oddělí, viz obr 3-24.

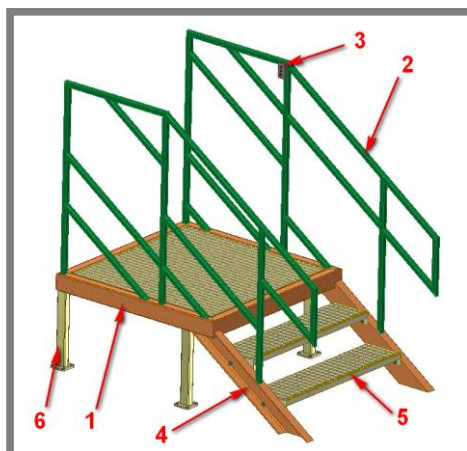


Obr. 3-24 Detail předepjatého šroubového spoje 2

(1- kruhová tyč Ø30; 2- kruhové podložky 14-140 HV)

3.8 Návrh nástupní plošiny

Základna nástupní plošiny je tvořena z uzavřených obdélníkových profilů 100x60x3, jenž jsou k sobě přivařeny do čtverce, a z podlahy, která je umístěna v meziprostoru. Zábradlí je tvořeno svařovanou konstrukcí uzavřených obdélníkových profilů 30x30x2, na níž je připevněno ovládání na přivolání výtahu do nástupní stanice. Kostra schodů je tvořena z tyčí průřezu U 120/B, mezi nimiž jsou připevněny schodišťové stupně 1000 x 240 (šířka x hloubka). Celá sestava je k zemi uchycena uzavřenými čtvercovými profily 60x40x3, na jejichž koncích jsou patky, viz obr. 3-25.



Obr. 3-25 Návrh nástupní plošiny

(1- základna nástupní plošiny; 2- zábradlí; 3- ovládání; 4- kostra schodů; 5- schodišťový stupeň 1000 x 240; 6- uzavřený čtvercový profil 60x40x3 s patkou)

3.8.1 Zhodnocení

3.8.1

Volba nástupní plošiny není přímo součástí zadání. Je doporučeno plošinu konstruovat až po sestrojení výtahu s vedením a konstrukci přizpůsobit terénu okolí. Konstrukce nástupní plošiny je zde pouze návrhem možného řešení.

3.9 Elektronické prvky

3.9

Pro správnou funkci a požadovanou bezpečnost šikmého výtahu je nutné přidat nezbytné elektronické prvky.

3.9.1 Řídící stanice

3.9.1

Kabina výtahu musí obsahovat zařízení, které umožní její ovládání. V tomto případě je volena odlévaná řídící stanice (Schneider Electric XAPM21) o rozměrech 80 x 130 mm.



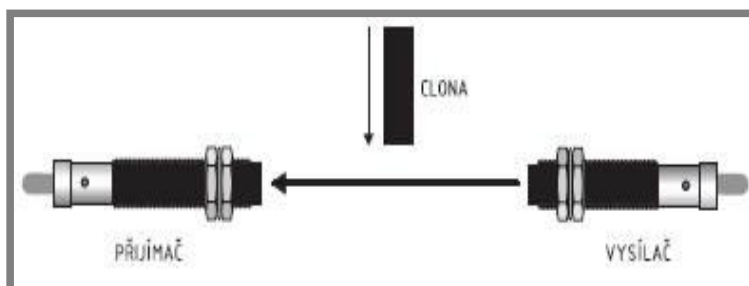
Obr. 3-26 Odlévaná řídící stanice Schneider Electric XAPM21 [21]

Řídící stanice je prázdná, proto je nutné ji upravit a přidat potřebné prvky (tlačítka, display).

3.9.2 Snímač zavřených dveří

3.9.2

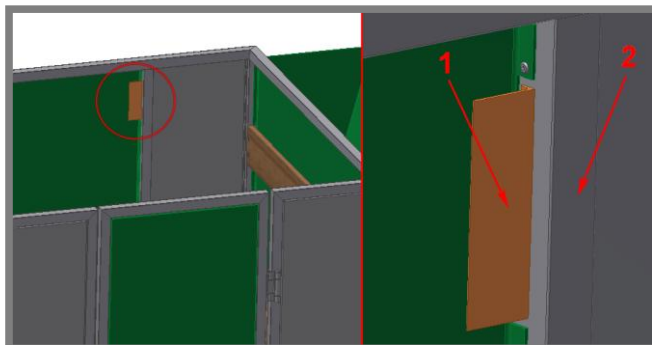
Dle normy ČSN EN 81-1+A3 se výtah uvést do pohybu za předpokladu, že jsou otevřené dveře. Z tohoto důvodu je nutné dveře výtahu opatřit snímačem, který kontroluje jejich polohu. Pro tento případ je vybrána jednocestná závora (viz obr. 3-27), kdy do hlavního křídla dveří se umístí přijímač a do vedlejšího křídla vysílač světelného paprsku.



Obr. 3-27 Princip jednocestné závory [22]

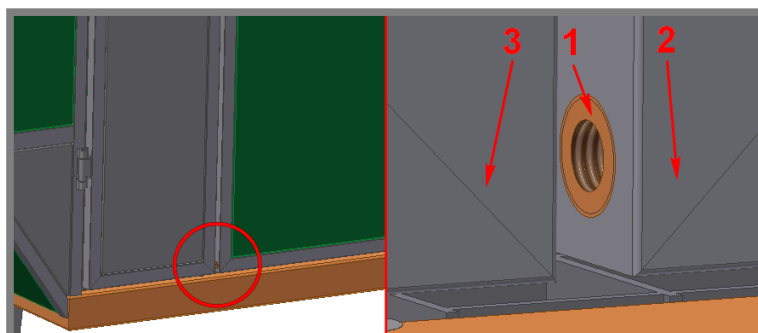
3.9.3 Zhodnocení

Návrh elektronické instalace výtahu není součástí zadání. V tomto případě je pouze nutné upravit konstrukci kabiny pro umístění elektronických prvků. V případě řídicí stanice je potřeba k rámu kabiny přivařit přípravek pro její připevnění, viz obr. 3-28.



Obr. 3-28 Umístění přípravku pro připevnění řídicí stanice
(1- přípravek; 2- rám kabiny)

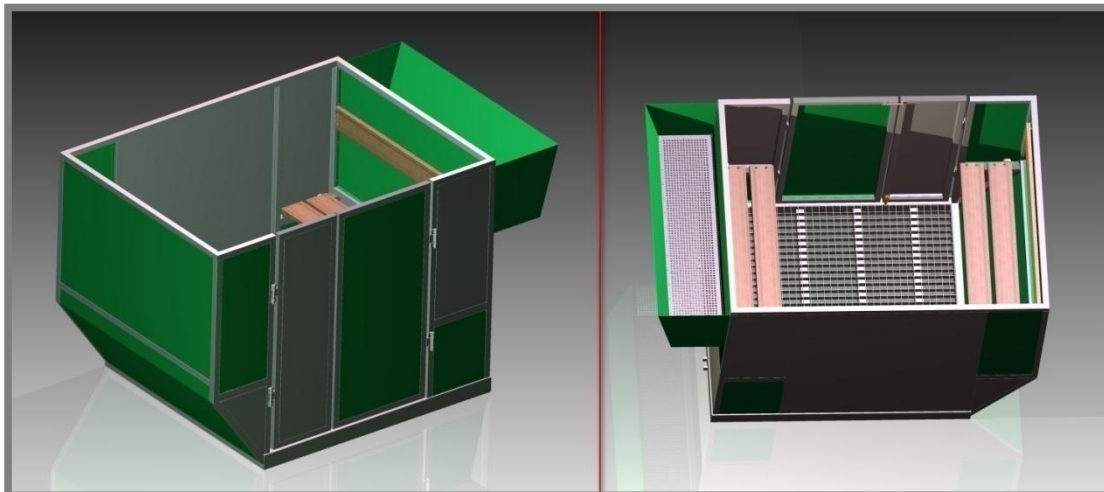
Pro upevnění prvků jednocestné závory je nutné vyvrtat díry do hlavního a vedlejšího křídla dveří, do kterých se umístí nýtovací matice M12, viz obr. 3-29. Díky nýtovacím maticím lze snadno přišroubovat potřebné prvky jednocestné závory ke dveřím kabiny.



Obr. 3-29 Detail prostoru pro umístění jednocestné závory
(1- nýtovací matice M12; 2- hlavní křídlo dveří; 3- vedlejší křídlo dveří)

4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Výsledné konstrukční řešení je složeno z konstrukčních prvků vybraných z jednotlivých zhodnocení kapitoly 3.



Obr. 4-1 Výsledné konstrukční řešení

Rám kabiny je tvořen z hliníkové slitiny EN AW-6060 (AlMgSi0,5). Sedadlo je Sklopné a je uchyceno na kloubech. Podlaha je tvořena z lisovaného podlahového roštu. Dveře kabiny jsou dvoukřídlé zajištěné pomocí zarážek. Opláštění je provedeno pomocí ohýbaných ocelových plechů pokrytých komaxitem. Úložným prostorem je plechový koš připevněný z vnější strany kabiny a pokrytý komaxitem. Uchycení klece k podvozku je provedeno pomocí šroubových spojů s možností regulace naklopení $\pm 1^\circ$.

Konstrukce nástupní plošiny není součástí zadání, z toho důvodu je pouze doporučena, dle kapitoly 3.8.

4.1 Cenová kalkulace

4.1

Předpokládaná cena materiálu pro konstrukci kabiny výtahu je stanovena dle tab. 1. Řádky napsané kurzívou v tab. 1 jsou pouze informační. Hodnoty v těchto řádcích nemusí odpovídat skutečnosti.

Tab. 1 Cenová kalkulace

Prvky	Hmotnost [kg]	Cena [Kč]
Svařovaný rám kabiny	25	6200
Podlahový rošt	40	1800
Elektronika	-	1500
Panty	0,4	2000
<i>Plech</i>	<i>110</i>	<i>20 000</i>
<i>Spojovací prvky</i>	<i>-</i>	<i>900</i>
<i>Dřevěné desky</i>	<i>9</i>	<i>1000</i>
Celkem:	184,4	33 400

Výsledná cena kabiny výtahu 33 400 Kč je pouze za použitý materiál, bez zhodnocení práce.

4.2 Výpočty

Pro ověření bezpečnosti celkové konstrukce je nutné provést kontrolní výpočty konstrukčních prvků. Požadovaná hodnota bezpečnosti při pevnostních výpočtech je $k=3$.

Použité materiály:

AlMgSi0,5 (rám kabiny) – slitina hliníku s hořčíkem a křemíkem

$$R_{m1} = 215 \text{ MPa}$$

$$R_{e1} = 160 \text{ MPa}$$

$$E_1 = 69\,000 \text{ MPa}$$

$$P_{D1} = 40 \text{ MPa}$$

AlMg5Cr(A) (elektroda) – hliníková slitina doporučena ke svařování

$$R_{m2} = 250 \text{ MPa}$$

$$R_{e2} = 120 \text{ MPa}$$

S235JR (podvozek) – nelegovaná jakostní konstrukční ocel

$$R_{m3} = 360 \text{ MPa}$$

$$R_{e3} = 235 \text{ MPa}$$

$$E_3 = 207\,000 \text{ MPa}$$

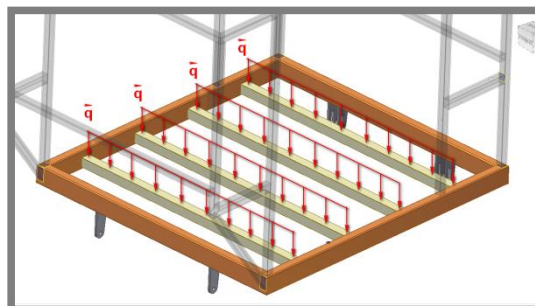
$$\mu = 0,3$$

kde:

R_e	[Mpa]	je mez kluzu
R_m	[Mpa]	- mez pevnosti v tahu
P_D	[Mpa]	- dovolený tak
E	[Mpa]	- Youngův modul pružnosti v tahu
μ	[–]	- Poissonův poměr
k	[–]	- požadovaná bezpečnost

4.2.1 Kontrolní výpočet podlahových podpěr

Díky konstrukci lisovaných podlahových roštů je zatížení rovnoměrně rozloženo, a v případě výpočtu simulováno spojitým zatížením po délce profilů, viz obr. 4-2 a 4-4. Díky charakteru úlohy je umožněno profil podlahové podpěry rozdělit na půl a poté spojitě zatížení nahradit silou působící v těžišti zatěžujícího obrazce, viz obr. 4-5. Po dokončení výpočtu zatížení je potřeba vypočítat pevnostní kontrolu svarů, kterými jsou připevněny podlahové podpěry k rámu kabiny, a podlahových podpěr. Výsledné bezpečnosti je nutné porovnat s požadovanou bezpečností $k=3$.



Obr. 4-2 Zatížení podlahových podpěr

Zadané hodnoty:

$$m_p = 26 \text{ kg}$$

$$B = 40 \text{ mm}$$

$$m_n = 400 \text{ kg}$$

$$H = 40 \text{ mm}$$

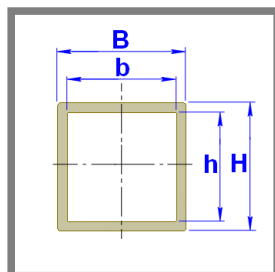
$$i = 4$$

$$b = 36 \text{ mm}$$

$$l_p = 1120 \text{ mm}$$

$$h = 36 \text{ mm}$$

$$z = 5 \text{ mm}$$



Obr. 4-3 Průřez podlahovou podpěrou

kde:

$$m_p \quad [\text{kg}]$$

je hmotnost podlahy

$$m_n \quad [\text{kg}]$$

- nosnost

$$i \quad [-]$$

- počet podlahových podpěr

$$l_p \quad [\text{mm}]$$

- délka podpory

$$z \quad [\text{mm}]$$

- šířka svaru

$$B \quad [\text{mm}]$$

- šířka uzavřeného čtvercového profilu

$$H \quad [\text{mm}]$$

- výška uzavřeného čtvercového profilu

$$b \quad [\text{mm}]$$

- světlá šířka uzavřeného čtvercového profilu

$$h \quad [\text{mm}]$$

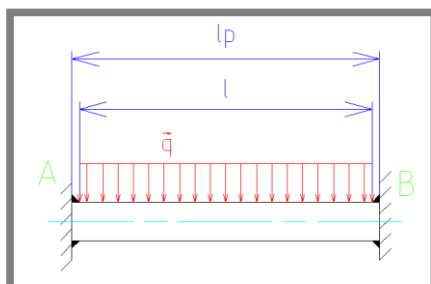
- světlá výška uzavřeného čtvercového profilu

Zatížení:

$$m_{cel} = m_p + m_n = 26 \text{ kg} + 400 \text{ kg} = 426 \text{ kg}$$

$$F_{ci} = m_{cel} \cdot g = 426 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} = 4179,06 \text{ N}$$

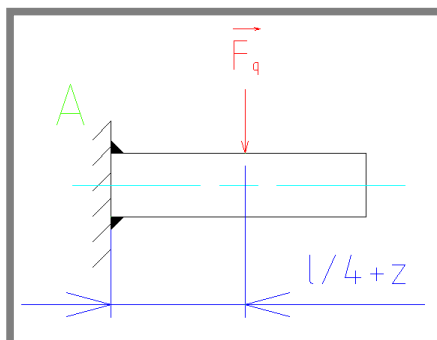
$$F' = \frac{F_{ci}}{i} = \frac{4179,06 \text{ N}}{4} = 1044,77 \text{ N}$$



Obr. 4-4 Spojité zatížení podlahové podpory

$$l = l_p - 2 \cdot z = 1120 \text{ mm} - 2 \cdot 5 \text{ mm} = 1110 \text{ mm}$$

$$q = \frac{F'}{l} = \frac{1044,06 \text{ N}}{1110 \text{ mm}} = 0,94 \text{ Nmm}^{-1}$$



Obr. 4-5 Zjednodušení výpočtového modelu (poloviční model)

$$F_q = q \cdot \frac{l}{2} = 0,94 \text{ Nmm}^{-1} \cdot \frac{1110 \text{ mm}}{2} = 521,7 \text{ N}$$

$$M_o = F_q \cdot \left(\frac{l}{4} + z \right) = 521,7 \text{ N} \cdot \left(\frac{1110 \text{ mm}}{4} + 5 \text{ mm} \right) = 147380,25 \text{ Nmm}$$

Pevnostní výpočty svarového spoje jsou provedeny podle [2].

Pevnostní kontrola svarového kovu pomocí obecné metody:

$$J_{zu} = \frac{h^2}{6} (3b + h) = \frac{(40 \text{ mm})^2}{6} (3 \cdot 40 \text{ mm} + 40 \text{ mm}) = 42666,67 \text{ mm}^3$$

$$J_z = 0,707z \cdot J_{zu} = 0,707 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 42666,67 \text{ mm}^3 = 150826,68 \text{ mm}^4$$

$$S = 1,414 \cdot z(B + H) = 1,414 \cdot 5 \text{ mm} (40 \text{ mm} + 40 \text{ mm}) = 565,6 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{F_q}{S} = \frac{521,7 \text{ N}}{565,6 \text{ mm}^2} = 0,92 \text{ MPa}$$

$$\tau'' = \frac{M_o}{J_z} \cdot \frac{h}{2} = \frac{147380,25 \text{ Nmm}}{150826,68 \text{ mm}^4} \cdot \frac{40 \text{ mm}}{2} = 19,54 \text{ MPa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} = \sqrt{(0,92 \text{ MPa})^2 + (19,54 \text{ MPa})^2} = 19,56 \text{ MPa}$$

$$R_{es} = 0,577 \cdot R_{e2} = 0,577 \cdot 120 \text{ MPa} = 69,24 \text{ MPa}$$

$$k_2 = \frac{R_{es}}{\tau} = \frac{69,24 \text{ MPa}}{19,56 \text{ MPa}} = 3,54$$

$$k_2 = 3,54 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola podlahové podpěry pomocí obecné metody:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{\frac{BH^2 - bh^2}{6}} = \frac{147380,25 \text{ Nmm} \cdot 6}{40 \text{ mm} \cdot (40 \text{ mm})^2 - 36 \text{ mm} \cdot (36 \text{ mm})^2} = 50,98 \text{ MPa}$$

$$k_1 = \frac{R_{e1}}{\sigma_o} = \frac{160 \text{ MPa}}{50,98 \text{ MPa}} = 3,14$$

$$k_1 = 3,14 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy ČSN 05 0120:

$$\tau^* = \sqrt{\left(\frac{\tau'}{\alpha_{\tau||}}\right)^2 + \left(\frac{\tau''}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,92 \text{ MPa}}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{19,54 \text{ MPa}}{0,75}\right)^2} = 26,09 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1,3 - 0,03z \dots \text{pro } z < 10 \text{ mm}$$

$$\beta_{\sigma D} = \frac{\beta \cdot R_{e2}}{k} = \frac{(1,3 - 0,03 \cdot 5 \text{ mm}) \cdot 120 \text{ MPa}}{3} = 46 \text{ MPa}$$

$$\tau^* = 26,09 \text{ MPa} < \beta_{\sigma D} = 46 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy AISC:

$$\tau_D = 0,3 \cdot R_{m2} = 0,3 \cdot 250 \text{ MPa} = 75 \text{ MPa}$$

$$\tau = 19,56 \text{ MPa} < \tau_D = 75 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

kde:

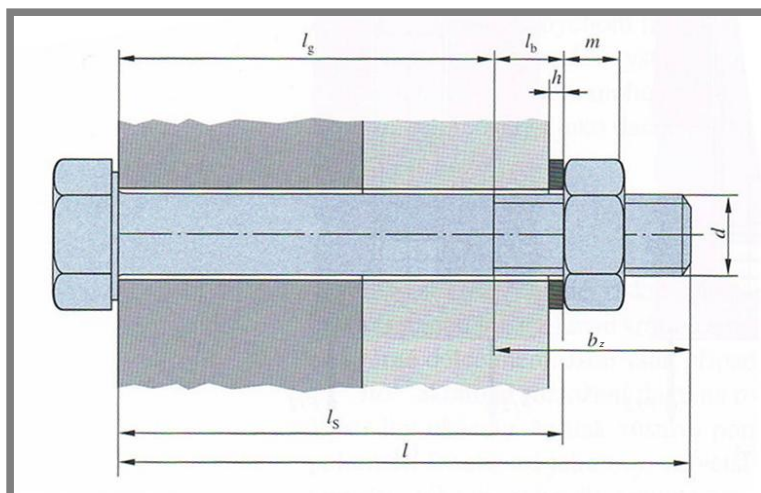
m_{cel}	[kg]	je celkové zatížení
F_{ci}	[N]	- celková síla na i podpor
F'	[N]	- síla na jednu podporu
l	[mm]	- délka podpory bez svarů
q	$[\text{Nmm}^{-1}]$	- spojitě zatížení na podpoře
F_q	[N]	- síla ze spojitěho zatížení
M_0	[Nmm]	- ohybový moment
J_{Zu}	$[\text{mm}^2]$	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_z	$[\text{mm}^2]$	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů
S	$[\text{mm}^2]$	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje
τ'	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
τ''	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
τ	[MPa]	- výsledné smykové napětí
R_{es}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku
k_2	[-]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu
σ_o	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu
k_1	[-]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu
τ^*	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje podle ČSN 05 0120
β	[-]	- součinitel β
$\beta_{\sigma D}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$

4.2.2 Kontrolní výpočet předepjatého šroubového spoje

Celá tíha kabiny je přenášena na podvozek pomocí šroubových spojů. V zadní části kabiny jsou dva předepjaté šroubové spoje, viz kapitola 3.7. Je nutné výpočtem zkontrolovat správnost navrženého spoje, viz obr. 3-23 a 3-24. Je potřeba vypočítat tuhost spojovacích součástí, tuhost spojovaných součástí a pevnostní výpočet šroubu, dle [2].

Tuhost spojovacích součástí:

Tuhost spojovacích součástí je vypočítána analyticky, dle postupu v [2] str. 434.



Obr. 4-6 Schéma vzorového modelu šroubového spoje [2]

Zadané hodnoty:

Šroub M14 x 110 – 8.8

$d = 14 \text{ mm}$

$l = 110 \text{ mm}$

$P = 2 \text{ mm}$

$A_s = 115 \text{ mm}^2$

$R_{m\dot{s}} = 800 \text{ MPa}$

$R_{eL\dot{s}} = 640 \text{ MPa}$

$P_{D\dot{s}} = 150 \text{ MPa}$

$h_s = 2,5 \text{ mm}$

$m = 17 \text{ mm}$

$b_s = 69 \text{ mm}$

kde:

d	[mm]	je velký průměr závitu
l	[mm]	- délka šroubu
P	[mm]	- rozteč závitu šroubu
A_s	[mm ²]	- výpočtový průřez šroubu
$R_{m\dot{s}}$	[MPa]	- minimální pevnost v tahu šroubu
$R_{eL\dot{s}}$	[MPa]	- minimální dolní mez kluzu šroubu
$P_{D\dot{s}}$	[MPa]	- dovolené otláčení materiálu šroubu
h_s	[mm]	- tloušťka podložky
m	[mm]	- výška matice
b_s	[mm]	- šířka sevřených součástí bez podložek

$$l_s = b_s + 4 \cdot h_s = 69 \text{ mm} + 4 \cdot 2,5 \text{ mm} = 79 \text{ mm}$$

$$b_z = 2 \cdot d + 6 = 2 \cdot 14 \text{ mm} + 6 = 34 \text{ mm} \quad \dots \text{pro } l \leq 125 \text{ mm}$$

$$l > l_s + m + P$$

$$110 \text{ mm} > 79 \text{ mm} + 17 \text{ mm} + 2 \cdot 2 \text{ mm} = 100 \text{ mm} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$l_g = l - b_z = 110 \text{ mm} - 34 \text{ mm} = 76 \text{ mm}$$

$$l_b = l_s - l_g = 79 \text{ mm} - 76 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$S_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (14 \text{ mm})^2}{4} = 153,94 \text{ mm}^2$$

$$k_s = \frac{S_d \cdot A_s \cdot E_3}{S_d \cdot l_b + A_s \cdot l_g} =$$

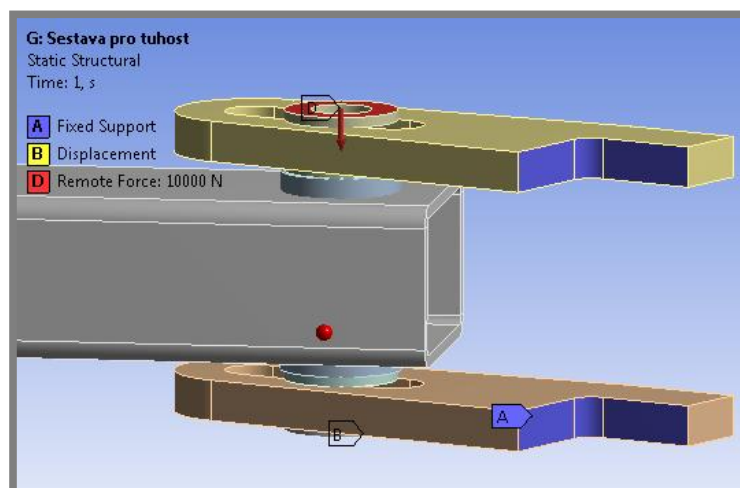
$$= \frac{153,94 \text{ mm}^2 \cdot 115 \text{ mm}^2 \cdot (207 \cdot 10^3 \text{ MPa})}{153,94 \text{ mm}^2 \cdot 3 \text{ mm} + 115 \text{ mm}^2 \cdot 76 \text{ mm}} = 398240,97 \text{ Nmm}^{-1}$$

kde:

l_s	[mm]	je svěrná délka
b_z	[mm]	- délka závitu pod maticí
l_g	[mm]	- délka válcové části dříku bez závitu
l_b	[mm]	- délka části dříku se závitem v sevření
S_d	[mm]	- plocha průřezu válcové části dříku bez závitu
E	[MPa]	- Youngův modul pružnosti v tahu
k_s	[Nmm ⁻¹]	- tuhost spojovacích součástí (šroubu)

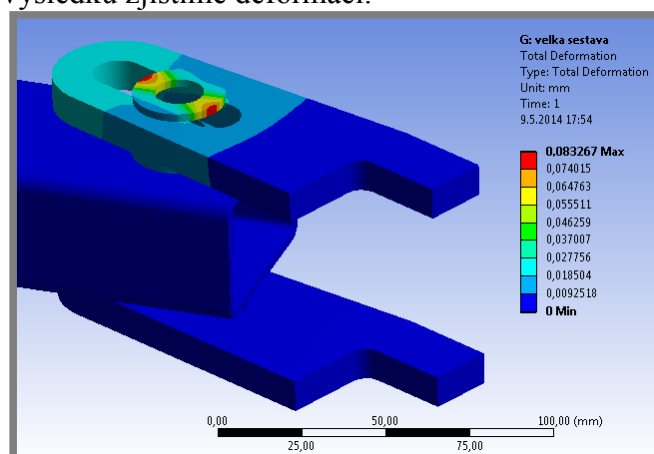
Tuhost spojovaných součástí:

Analytický výpočet tuhosti spojovaných součástí (viz obr. 3-23 a 3-24) je značně složitý, z tohoto důvodu se volí výpočet pomocí MKP v programu Ansys. Uvažujeme zatížení vrchní podložky silou 10000 N, znemožnění axiálního pohybu spodní podložky a vetknutí v místě, kde úchyt je přivařen k rámu kabiny, viz obr. 4-7.



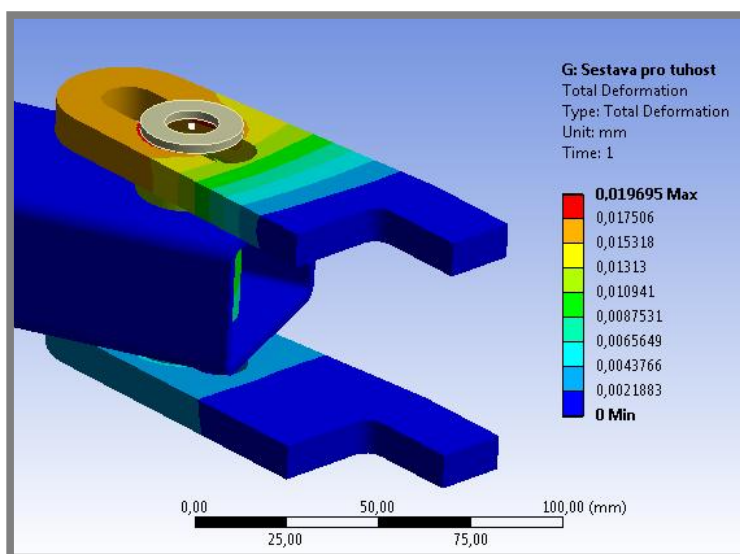
Obr. 4-7 Zatížený model v programu Ansys

Po vyhodnocení výsledku zjistíme deformaci.



Obr. 4-8 MKP výpočtový model (špatný)

Musíme brát ovšem v potaz fakt, že síla je vytvořena šroubem. Vlivem šroubu by deformace podložky měla být téměř ve všech místech podobná. Z tohoto důvodu je podložka nastavena jako dokonale tuhá a vliv její skutečné tuhosti se v dalším výpočtu zanedbává, viz obr. 4-9.



Obr. 4-9 MKP výpočtový model (správný)

Z výsledků, dle obr. 4-9, vyplívá, že maximální deformace spojovaných součástí při zatížení silou 10000 N je $x=0,02$ mm

$$F = k_p \cdot x$$

$$k_p = \frac{F}{x} = \frac{10000 \text{ N}}{0,02 \text{ mm}} = 500000 \text{ Nmm}^{-1}$$

kde:

k_p	[Nmm ⁻¹]	je tuhost spojovaných součástí
F	[N]	- zatěžující síla
x	[mm]	- maximální deformace

Síly v provozním stavu ve šroubovém spoji při tahovém zatížení:**Zadané hodnoty:**

$$m_k = 200 \text{ kg}$$

$$m_n = 400 \text{ kg}$$

$$f = 0,15$$

$$g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$i_p = 4$$

kde:

m_k	[kg]	je výpočtová hmotnost kabiny
m_n	[kg]	- nosnost výtahu
f	[-]	- součinitel suchého statického tření ocel-hliník
g	[ms ⁻²]	- tíhové zrychlení
i_p	[-]	- počet podpor

$$m_c = m_k + m_n + 100 \text{ kg} = 200 \text{ kg} + 400 \text{ kg} + 100 \text{ kg} = 700 \text{ kg}$$

$$F_c' = \frac{m_c \cdot g}{i_p} = \frac{700 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2}}{4} = 1716,75 \text{ N}$$

$$F_i = \frac{F_c'}{f} = \frac{1716,75 \text{ N}}{0,15} = 11445 \text{ N}$$

$$C = \frac{k_s}{k_s + k_p} = \frac{398240,97 \text{ Nmm}^{-1}}{398240,97 \text{ Nmm}^{-1} + 500000 \text{ Nmm}^{-1}} = 0,4434$$

$$\Delta F_s = \frac{k_s F_c'}{k_s + k_p} = C \cdot F_c' = 0,4434 \cdot 1716,75 \text{ N} = 761,21 \text{ N}$$

$$\Delta F_p = F_c' - \Delta F_s = 1716,75 \text{ N} - 761,21 \text{ N} = 955,54 \text{ N}$$

$$F_s = F_i + \Delta F_s = 11445 \text{ N} + 761,21 = 12206,21 \text{ N}$$

$$F_p = F_i - \Delta F_p = 11445 \text{ N} - 955,54 \text{ N} = 10489,46 \text{ N}$$

Platí pouze, jsou-li stlačované součásti stále v sevření... $-F_p < 0$

$$-10489,46 < 0 \dots \text{vyhovuje}$$

kde:

m_c	[kg]	je celkové zatížení na šroubové spoje
F_c'	[N]	- síla na jeden šroubový spoj
F_i	[N]	- síla předpětí
C	[-]	- tuhostní konstanta spoje
ΔF_s	[N]	- část provozní síly F_c' přenášená šroubem
ΔF_p	[N]	- část provozní síly F_c' přenášená spojovanými součástmi

F_s	[N]	- výsledné silové zatížení šroubu v provozním stavu
F_p	[N]	- výsledné silové zatížení spojovaných součástí v provozním stavu

Kontrola šroubu na tah:

$$\sigma_T = \frac{F_i}{A_s} = \frac{11445 \text{ N}}{115 \text{ mm}^2} = 99,52 \text{ MPa}$$

$$k_{st} = \frac{R_{eLs}}{\sigma_T} = \frac{640 \text{ MPa}}{99,52 \text{ MPa}} = 6,43$$

kde:

σ_T	[MPa]	je tahové napětí ve šroubu
k_{st}	[–]	- bezpečnost šroubu na tah

Kontrola šroubu na otlačení v závitech:

$$d = 14 \text{ mm}$$

$$d_1 = 11,835 \text{ mm}$$

$$d_2 = 12,701 \text{ mm}$$

$$m = 17 \text{ mm}$$

$$P = 2 \text{ mm}$$

$$P_{Dš} = 150 \text{ MPa}$$

kde:

d	[mm]	je velký průměr závitu
d_1	[mm]	- malý průměr závitu
d_2	[mm]	- střední průměr závitu
m	[mm]	- výška matice
P	[mm]	- rozteč závitů
$P_{Dš}$	[MPa]	- dovolené otlačení materiálu šroubu

$$z_z = \frac{m}{P} = \frac{17 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 8,5 \rightarrow z_z = 8$$

$$H_1 = \frac{d - d_1}{2} = \frac{14 \text{ mm} - 11,835 \text{ mm}}{2} = 1,0825 \text{ mm}$$

$$P = \frac{F_i}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z_z} = \frac{11445}{\pi \cdot 12,701 \text{ mm} \cdot 1,0825 \text{ mm} \cdot 8} = 33,12 \text{ MPa}$$

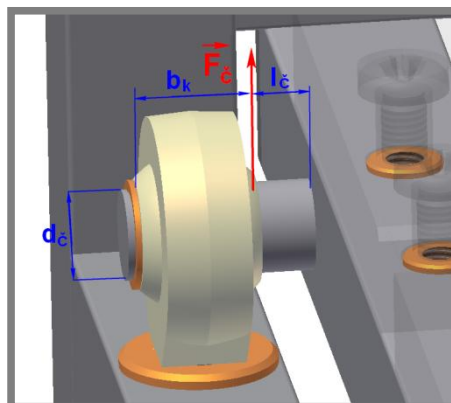
$$P_{\S} = 33,12 \text{ MPa} < P_{Dš} = 150 \text{ MPa}$$

kde:

H_1	[mm]	je nosná výška závitu
z_z	[–]	- počet závitů v záběru
P_{\S}	[MPa]	- otlačení šroubu

4.2.3 Kontrolní výpočet čepu lavečky

Dle kapitoly 3.2.2, jsou čepy sklopných sedadel připojeny ke kloubovým hlavicím s kluzným uložením a jsou zajištěny pojistnými kroužky. Je nutné provést pevnostní kontrolu: svarového spoje (čep-uzavřený čtvercový profil) dle [2], čepu na ohyb a čepu na otláčení. Výsledné bezpečnosti je nutné porovnat s požadovanou bezpečností $k=3$.



Obr. 4-10 Zatížení čepu

Zadané hodnoty:

$$F_{\check{c}} = 1000 \text{ N}$$

$$l_{\check{c}} = 9,5 \text{ mm}$$

$$d_{\check{c}} = 16 \text{ mm}$$

$$z = 5 \text{ mm}$$

$$b_k = 21 \text{ mm}$$

$$k = 3$$

kde:

$F_{\check{c}}$	[N]	je zatížení
$l_{\check{c}}$	[mm]	- výpočtová délka čepu
$d_{\check{c}}$	[mm]	- průměr čepu
z	[mm]	- šířka svaru
b_k	[mm]	- šířka kloubu
k	[-]	- požadovaná bezpečnost

Zatížení:

$$M_{o\check{c}} = F_{\check{c}} \cdot l_{\check{c}} = 1000 \text{ N} \cdot 9,5 \text{ mm} = 9500 \text{ Nmm}$$

Pevnostní kontrola svarového kovu pomocí obecné metody:

$$J_{Zu\check{c}} = \pi \cdot \left(\frac{d_{\check{c}}}{2}\right)^3 = \pi \cdot \left(\frac{16 \text{ mm}}{2}\right)^3 = 1608,5 \text{ mm}^3$$

$$J_{z\check{c}} = 0,707z \cdot J_{Zu\check{c}} = 0,707 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 1608,5 \text{ mm}^3 = 5686,03 \text{ mm}^4$$

$$S_{\check{c}} = 1,414 \cdot \pi z \left(\frac{d_{\check{c}}}{2}\right) = 1,414 \cdot \pi \cdot 5 \text{ mm} \left(\frac{16 \text{ mm}}{2}\right) = 177,69 \text{ mm}^2$$

$$\tau'_{\check{c}} = \frac{F_{\check{c}}}{S_{\check{c}}} = \frac{1000 \text{ N}}{177,69 \text{ mm}^2} = 5,63 \text{ MPa}$$

$$\tau''_{\check{c}} = \frac{M_{o\check{c}}}{J_{z\check{c}}} \cdot \frac{d_{\check{c}}}{2} = \frac{9500 \text{ Nmm}}{5686,03 \text{ mm}^4} \cdot \frac{16 \text{ mm}}{2} = 13,37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\check{c}} = \sqrt{\tau'_{\check{c}}^2 + \tau''_{\check{c}}^2} = \sqrt{(5,63 \text{ MPa})^2 + (13,37 \text{ MPa})^2} = 14,51 \text{ MPa}$$

$$R_{es\check{c}} = 0,577 \cdot R_{e2} = 0,577 \cdot 120 \text{ MPa} = 69,24 \text{ MPa}$$

$$k_{2\check{c}} = \frac{R_{es\check{c}}}{\tau_{\check{c}}} = \frac{69,24 \text{ MPa}}{14,51 \text{ MPa}} = 4,77$$

$$k_{2\check{c}} = 4,77 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola materiálu čepu pomocí obecné metody:

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_{o\check{c}}}{W_{o\check{c}}} = \frac{M_{o\check{c}} \cdot 32}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} = \frac{9500 \text{ Nmm} \cdot 32}{\pi \cdot (16 \text{ mm})^3} = 23,62 \text{ MPa}$$

$$k_{1\check{c}} = \frac{R_{e1}}{\sigma_{o\check{c}}} = \frac{160 \text{ MPa}}{23,62 \text{ MPa}} = 6,77$$

$$k_1 = 6,77 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy ČSN 05 0120:

$$\tau^*_{\check{c}} = \sqrt{\left(\frac{\tau'_{\check{c}}}{\alpha_{\tau||}}\right)^2 + \left(\frac{\tau''_{\check{c}}}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{5,63 \text{ MPa}}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{13,37 \text{ MPa}}{0,75}\right)^2} = 19,82 \text{ MPa}$$

$$\beta_{\check{c}} = 1,3 - 0,03z \dots \text{pro } z < 10 \text{ mm}$$

$$\beta_{\sigma D\check{c}} = \frac{\beta_{\check{c}} \cdot R_{e2}}{k} = \frac{(1,3 - 0,03 \cdot 5 \text{ mm}) \cdot 120 \text{ MPa}}{3} = 46 \text{ Mpa}$$

$$\tau^* = 19,82 \text{ Mpa} < \beta_{\sigma D} = 46 \text{ Mpa} \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy AISC:

$$\tau_{D\check{c}} = 0,3 \cdot R_{m2} = 0,3 \cdot 250 \text{ MPa} = 75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\check{c}} = 14,51 \text{ Mpa} < \tau_{D\check{c}} = 75 \text{ Mpa} \dots \text{vyhovuje}$$

Kontrola čepu na otláčení:

$$A_{\check{c}} = d_{\check{c}} \cdot b_k = 16 \text{ mm} \cdot 21 \text{ mm} = 336 \text{ mm}^2$$

$$P_{\check{c}} = \frac{F_{\check{c}}}{A_{\check{c}}} = \frac{1000}{336} = 2,98 \text{ MPa}$$

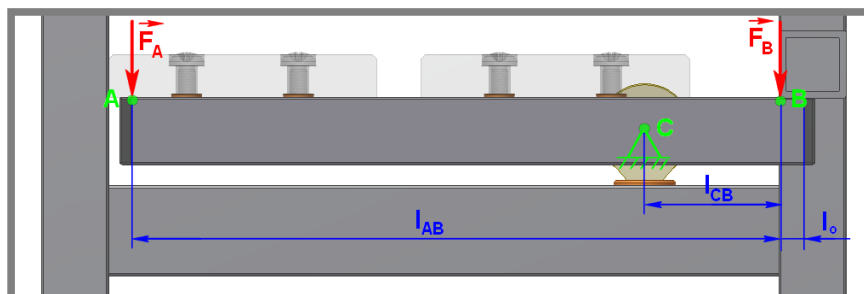
$$P_{\check{c}} = 2,98 \text{ Mpa} < P_{D1} = 40 \text{ Mpa} \dots \text{vyhovuje}$$

kde:

$M_{O\check{c}}$	[Nmm]	je ohybový moment na čepu
$J_{Zu\check{c}}$	[mm ²]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu (čepu)
$J_{z\check{c}}$	[mm ²]	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů (čepu)
$S_{\check{c}}$	[mm ²]	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje (čepu)
$\tau'_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou (čepu)
$\tau''_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem (čepu)
$\tau_{\check{c}}$	[MPa]	- výsledné smykové napětí svaru (čepu)
$R_{es\check{c}}$	[MPa]	- mez kluzu ve smyku svaru (čepu)
$k_{2\check{c}}$	[—]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu (čepu)
$\sigma_{o\check{c}}$	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu (čepu)
$W_{o\check{c}}$	[m ³]	- průřezový modul v ohybu (čepu)
$k_{1\check{c}}$	[—]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu (čepu)
$\tau^*_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje (čepu) podle ČSN 05 0120
$\beta_{\check{c}}$	[—]	- součinitel β (čepu)
$\beta_{\sigma D\check{c}}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$ (čepu)
$A_{\check{c}}$	[mm]	- plocha čepu zatížená tlakem
$P_{\check{c}}$	[MPa]	- tlak na čep
P_{D1}	[MPa]	- dovolené otláčení slitiny AlMgSi0,5

4.2.4 Kontrolní výpočet čtvercových profilů sklopného sedátka

Čtvercový profil sklopného sedátka je zatížen silou 1000 N na okraji, což v reálné situaci nastane zřídka, ovšem tento případ je vhodný jako výpočtový model. V důsledku tohoto zatížení je potřeba zkontrolovat materiál na ohyb a otláčení na jeho konci.



Obr. 4-11 Zatížení čtvercových profilů sklopného sedátka

Zadané hodnoty:

$$l_o = 9 \text{ mm}$$

$$l_{AB} = 290 \text{ mm}$$

$$l_{CB} = 71 \text{ mm}$$

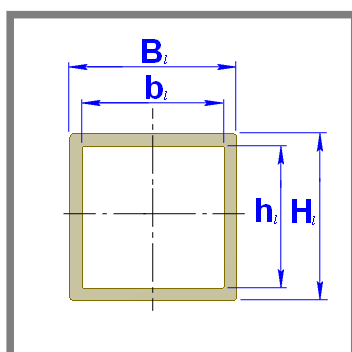
$$F_A = 1000 \text{ N}$$

$$B_l = 30 \text{ mm}$$

$$H_l = 30 \text{ mm}$$

$$b_l = 26 \text{ mm}$$

$$h_l = 26 \text{ mm}$$



Obr. 4-12 Průřez čtvercového profilu

Kontrola na ohyb:

$$l_{AC} = l_{AB} - l_{CB} = 290 \text{ mm} - 71 \text{ mm} = 219 \text{ mm}$$

$$M_{ol} = F_A \cdot l_{AC} = 1000 \text{ N} \cdot 219 \text{ mm} = 219000 \text{ Nmm}$$

$$W_{ol} = \frac{B_l H_l^2 - b_l h_l^2}{6} = \frac{30 \text{ mm} \cdot (30 \text{ mm})^2 - 26 \text{ mm} \cdot (26 \text{ mm})^2}{6} = 1670,67 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{ol} = \frac{M_{ol}}{W_{ol}} = \frac{219000 \text{ Nmm}}{1670,67 \text{ mm}^3} = 131,09 \text{ MPa}$$

$$k_l = \frac{R_{e1}}{\sigma_{ol}} = \frac{160 \text{ MPa}}{131,09 \text{ MPa}} = 1,22$$

Kontrola na otlačení:

$$F_B = \frac{M_{ol}}{l_{CB}} = \frac{219000 \text{ Nmm}}{71 \text{ mm}} = 3084,5 \text{ N}$$

$$S_l = 9 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 270 \text{ mm}^2$$

$$P_l = \frac{F_B}{S_l} = \frac{3084,5 \text{ N}}{270 \text{ mm}^2} = 11,42 \text{ MPa}$$

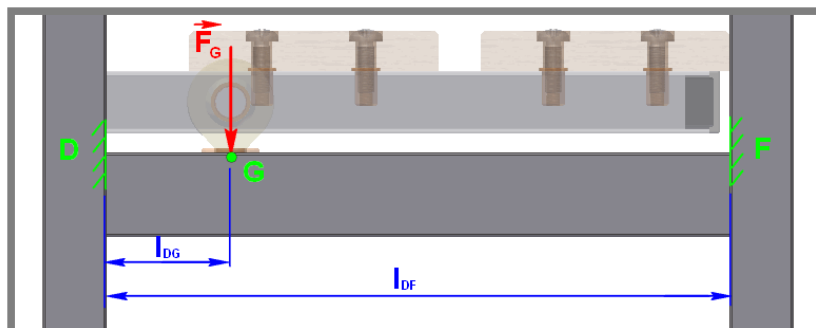
$$P_l = 11,42 \text{ MPa} < P_{D1} = 40 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

kde:

B_l	[mm]	je šířka profilu
H_l	[mm]	- výška profilu
b_l	[mm]	- světlá šířka profilu
h_l	[mm]	- světlá výška profilu
l_o	[mm]	- vzdálenost l_o
l_{AB}	[mm]	- vzdálenost l_{AB}
l_{CB}	[mm]	- vzdálenost l_{CB}
l_{AC}	[mm]	- vzdálenost l_{AC}
F_A	[N]	- zatěžující síla
M_{ol}	[Nmm]	- maximální ohybový moment
W_{ol}	[mm ³]	- průřezový modul profilu v ohybu
σ_{ol}	[MPa]	- ohybové napětí
k_l	[—]	- bezpečnost profilu v ohybu
F_B	[N]	- reakční síla
S_l	[mm ²]	- plocha zatížená tlakem
P_l	[MPa]	- tlakové napětí profilu
P_{D1}	[MPa]	- dovolené otlačení slitiny AlMgSi0,5

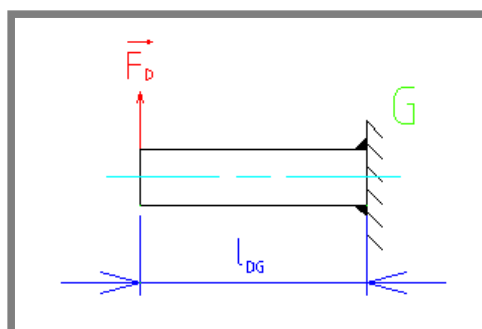
4.2.5 Kontrolní výpočet příčky držící sklopné sedadlo

Sklopné sedadlo je připevněno ke kloubu. Kloub je našroubován pomocí nýtovací matice do uzavřeného čtvercového profilu, který je přivařen ke zbylé části rámu kabiny, viz obr. 4-13.



Obr. 4-13 Zatížení příčky držící sklopné sedátko

Profil tvořící příčku je ke zbylému rámu přivařený koutovými svary na horní a spodní hraně s kombinací půl V svarů po bocích. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme pouze zmíněné dva koutové svary. V případě, že tento výpočtový model (viz obr. 4-14) dosáhne požadované bezpečnosti, tak svarový spoj je navržen správně a přidáním půl V svarů na bocích se daná bezpečnost jen zvýší.



Obr. 4-14 Zjednodušení výpočtového modelu

Zadané hodnoty:

$$F_G = 1000 \text{ N}$$

$$l_{DF} = 300 \text{ mm}$$

$$l_{DG} = 60 \text{ mm}$$

$$z = 5 \text{ mm}$$

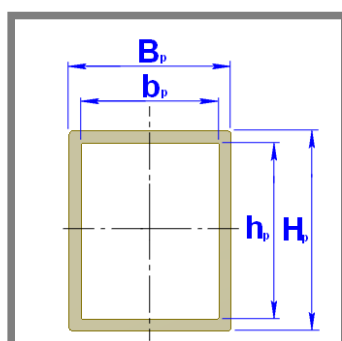
$$k = 3$$

$$B_p = 30 \text{ mm}$$

$$H_p = 40 \text{ mm}$$

$$b_p = 24 \text{ mm}$$

$$h_p = 34 \text{ mm}$$



Obr. 4-15 Průřez příčnickem

kde:

F_G	[N]	je síla od kloubu
l_{DF}	[mm]	- vzdálenost l_{DF}
l_{DG}	[mm]	- vzdálenost l_{DG}
z	[mm]	- šířka svaru
k	[—]	- požadovaná bezpečnost
B_p	[mm]	- šířka příčnicku
H_p	[mm]	- výška příčnicku
b_p	[mm]	- světlá šířka příčnicku
h_p	[mm]	- světlá výška příčnicku

Zatížení:

$$F_D = \frac{F_G \cdot (l_{DF} - l_{DG})}{l_{DF}} = \frac{1000 \text{ N} \cdot (300 \text{ mm} - 60 \text{ mm})}{300 \text{ mm}} = 800 \text{ N}$$

$$M_{op} = F_D \cdot l_{DG} = 800 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm} = 48\,000 \text{ Nmm}$$

Pevnostní kontrola svarového kovu pomocí obecné metody:

$$J_{Zup} = \frac{B_p H_p^2}{2} = \frac{30 \text{ mm} \cdot (40 \text{ mm})^2}{2} = 24\,000 \text{ mm}^3$$

$$J_{zp} = 0,707z \cdot J_{Zup} = 0,707 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 24\,000 \text{ mm}^3 = 84\,840 \text{ mm}^4$$

$$S_p = 1,414 \cdot z \cdot B_p = 1,414 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} = 212,1 \text{ mm}^2$$

$$\tau'_p = \frac{F_D}{S_p} = \frac{800 \text{ N}}{212,1 \text{ mm}^2} = 3,77 \text{ MPa}$$

$$\tau''_p = \frac{M_{op}}{J_{zp}} \cdot \frac{H_p}{2} = \frac{48\,000 \text{ Nmm}}{84\,840 \text{ mm}^4} \cdot \frac{40 \text{ mm}}{2} = 11,32 \text{ MPa}$$

$$\tau_p = \sqrt{\tau'^2_p + \tau''^2_p} = \sqrt{(3,77 \text{ MPa})^2 + (11,32 \text{ MPa})^2} = 11,93 \text{ MPa}$$

$$R_{esp} = 0,577 \cdot R_{e2} = 0,577 \cdot 120 \text{ MPa} = 69,24 \text{ MPa}$$

$$k_{2p} = \frac{R_{esp}}{\tau_p} = \frac{69,24 \text{ MPa}}{11,93 \text{ MPa}} = 5,80$$

$$k_{2\check{c}} = 5,80 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola materiálu příčnicku pomocí obecné metody:

$$\sigma_{op} = \frac{M_{op}}{W_{op}} = \frac{M_{o\check{c}}}{\frac{B_p H_p^2 - b_p h_p^2}{6}} = \frac{48\,000\, \text{Nmm} \cdot 6}{30\, \text{mm} \cdot (40\, \text{mm})^2 - 24\, \text{mm} \cdot (34\, \text{mm})^2} = 14,22\, \text{MPa}$$

$$k_{1p} = \frac{R_{e1}}{\sigma_{op}} = \frac{160\, \text{MPa}}{14,22\, \text{MPa}} = 11,25$$

$$k_1 = 11,25 > k = 3 \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy ČSN 05 0120:

$$\tau_p^* = \sqrt{\left(\frac{\tau_p'}{\alpha_{\tau||}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_p''}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{3,77\, \text{MPa}}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{11,32\, \text{MPa}}{0,75}\right)^2} = 16,17\, \text{MPa}$$

$$\beta_p = 1,3 - 0,03z \dots \text{pro } z < 10\, \text{mm}$$

$$\beta_{\sigma Dp} = \frac{\beta_p \cdot R_{e2}}{k} = \frac{(1,3 - 0,03 \cdot 5\, \text{mm}) \cdot 120\, \text{MPa}}{3} = 46\, \text{MPa}$$

$$\tau^* = 16,17\, \text{MPa} < \beta_{\sigma D} = 46\, \text{MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola svarového spoje podle normy AISC:

$$\tau_{Dp} = 0,3 \cdot R_{m2} = 0,3 \cdot 250\, \text{MPa} = 75\, \text{MPa}$$

$$\tau_p = 11,93\, \text{MPa} < \tau_{D\check{c}} = 75\, \text{MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

kde:

M_{Op}	[Nmm]	je ohybový moment na příčnicku
J_{Zup}	[mm ²]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu (příčnicku)
J_{zp}	[mm ²]	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů (příčnicku)
S_p	[mm ²]	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje (příčnicku)
τ_p'	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou (příčnicku)
τ_p''	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem (příčnicku)
τ_p	[MPa]	- výsledné smykové napětí svaru (příčnicku)
R_{esp}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku svaru (příčnicku)
k_{2p}	[-]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu (příčnicku)
σ_{op}	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu (příčnicku)
W_{op}	[mm ³]	- průřezový modul v ohybu (příčnicku)
k_{1p}	[-]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu (příčnicku)

τ_p^*	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje (příčnicku) podle ČSN 05 0120
β_p	[-]	- součinitel β (příčnicku)
$\beta_{\sigma D_p}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$ (příčnicku)

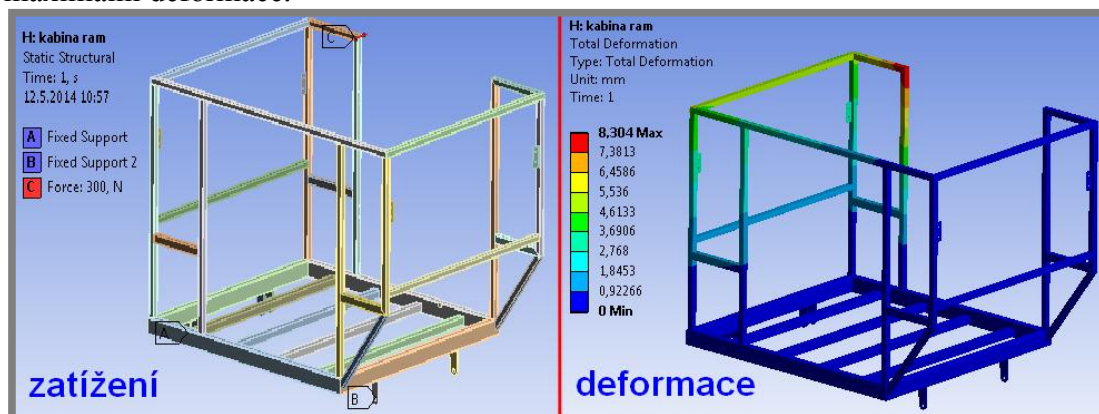
4.2.6 Kontrola kabiny na průhyb

Dle normy ČSN EN 81-1+A3 musí mít stěny klece takovou mechanickou pevnost, aby síla 300 N působící z vnitřní strany klece v libovolném místě kolmo ke stěně na kruhovou nebo čtvercovou plochu 5 cm² nezpůsobila pružnou deformaci větší než 15 mm.

Jsou vybrány 3 různá působíště síly, u níž se předpokládá možná maximální deformace. Tyto výpočty jsou prováděny MKP pomocí programu Ansys.

Modelový případ 1, zatížení u dveří:

Tento modelový případ zatěžuje rám kabiny v prostoru dveří, v místě předpokládané maximální deformace.

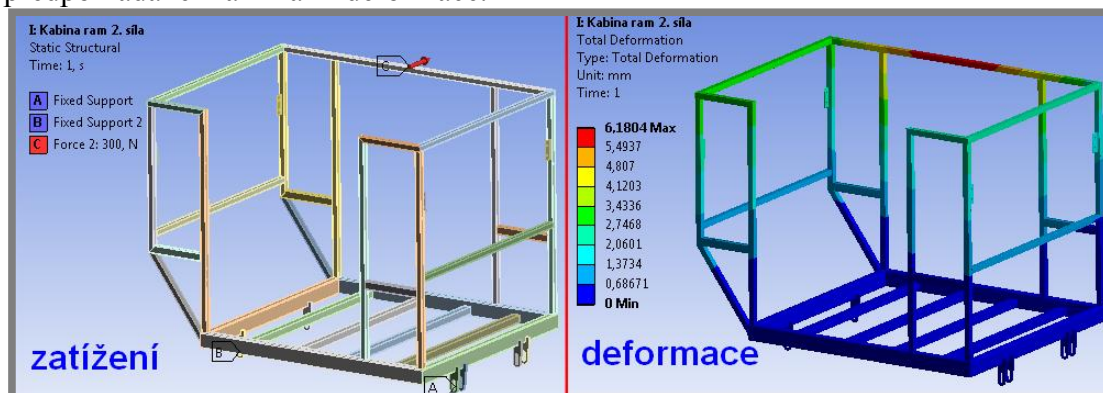


Obr. 4-16 MKP modelový případ 1

Maximální deformace = 8,3 mm.

Modelový případ 2, zatížení v prostřed nejdelší stěny:

Tento modelový případ zatěžuje rám kabiny v prostoru nejdelší stěny, v místě předpokládané maximální deformace.

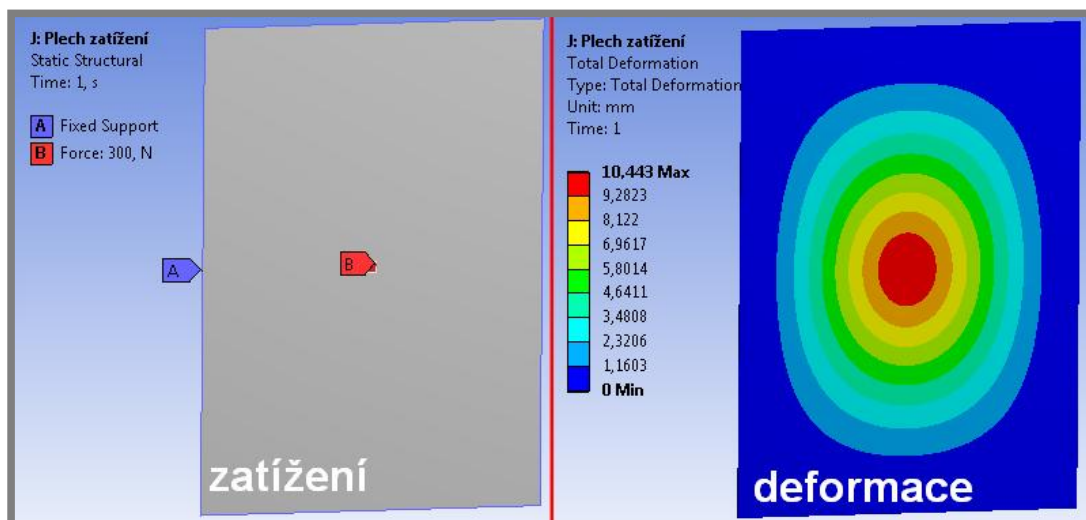


Obr. 4-17 MKP modelový případ 2

Maximální deformace = 6,2 mm.

Modelový případ 3, zatížení největšího plechu ve středu:

Tento modelový případ zatěžuje největší plech opláštění, v místě předpokládané maximální deformace.



Obr. 4-18 MKP modelový případ 3

Maximální deformace = 10,4 mm

Tyto tři modelové případy simulují zatížení v místech možných extrémů. Veškeré ostatní prvky při zatížení budou mít deformaci menší.

Z výsledků těchto výpočtů vyplívá, že kabina výtahu splňuje deformační podmínku klece, dle ČSN EN 81-1+A3.

5 DISKUZE

Téma bakalářské práce je konstrukce šikmého výtahu. Toto téma je rozděleno mezi dvě bakalářské práce, přičemž tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí kabiny výtahu.

Na kabině výtahu je stále co zlepšovat. Zřejmě nejvýraznějším zlepšením by bylo přidání ochrany proti dešti a uzavření kabiny, popřípadě možnost regulace náklonu kabiny při nekonstantním stoupání svahu. Na českém trhu se tato zařízení neobjevují, což může být způsobeno jeho vysokou cenou, která narůstá zejména koupí pohonu. V této bakalářské práci byla nastíněna vizuální stránka výtahu, jenž je variabilní volbou různých barev a perforací opláštění. K výpočtům, které by analyticky byly příliš složité, nebo by byl pro zjištění výsledku nutný experiment, byla použita metoda MKP.

V případě sériovosti výroby by byla možná redukce ceny díky konstrukci vlastního pohonu. V kusové výrobě by se konstrukce vlastního pohonu finančně nevyplatila.

Po dokončení je nutné přidat elektronická zařízení sloužící k požadované bezpečnosti a funkčnosti (koncové spínače, ovladače). Tímto problémem se zabývá

Ing. Petr Huták, Ph.D. (FEKT).

Zadání práce bylo splněno společně se snahou použít snadno dostupné technologie. Při konstrukci rámu byl zvolen materiál EN AW-6060(AlMgSi0,5) z důvodu redukce hmotnosti. Podvozek výtahu je vyroben z oceli. Díky této kombinaci nastane snížení těžiště sestavy. Hmotnost celkové sestavy kabiny bez podvozku se pohybuje okolo 185 kg a cena byla spočtena přibližně na 33 400 Kč.

Celková pořizovací cena výtahu do svahu, s veškerými potřebnými prvky se pohybuje okolo 300 000 Kč.

Veškerými kontrolními výpočty byla snaha dosáhnout co nejvyšší míry bezpečnosti minimálně $k=3$. V případě výpočtu profilů lavice na ohyb vyšla bezpečnost 1,22. Tento modelový případ byl stanoven na působení maximální síly na okraj profilu, což v reálné situaci nastane zřídka.

Byly simulovány případy při zatížení kabiny silou 300 N v místech možných maximálních průhybů. Výsledné průhyby stěn nepřesáhly maximální dovolenou hodnotu 15 mm.

Konstrukční řešení nástupní plošiny není součástí bakalářské práce, proto zde byla nastíněna pouze možnost vzhledu konstrukce a příklad použití druhů polotovarů.

Analyzujeme-li výsledky výpočtové části práce, tak dojdeme k závěru, že konstrukční prvky kabiny jsou pro požadovanou bezpečnost zařízení navrženy správně.

V případě snahy o další zlepšení je výhodné se zaměřit na konstrukci dveří a laviček.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JANOVSKEÝ, Lubomír a Josef DOLEŽAL. *Výtahy a eskalátory*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1980, 695 s.
- [2] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE, Richard G BUDYNAS a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. V Brně: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. ISBN 978-80-214-226290.
- [3] ČSN EN 81-1+A3. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů: Část 1: Elektrické výtahy*. Praha, 2011.
- [4] History of the Elevator. *About.com*. [online]. ©2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/Elevator.htm>
- [5] FEMA E-74 Example 6.4.10.1 Hydraulic Elevators. *FEMA*. [online]. 14.5.2013 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.fema.gov/earthquake/fema-e-74-reducing-risks-nonstructural-earthquake-damage-0>
- [6] How Does a Pneumatic Elevator Work?. *Elevator design info*. [online]. © 2014 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: <http://www.elevatordesigninfo.com/how-does-a-pneumatic-elevator-work>
- [7] *Přehled a stav výtahové techniky, pohony pro výtahy a jejich zařízení* [online]. ©2009 [cit. 2014-4-13]. Dostupné z: http://motor.feld.cvut.cz/www/materialy/A5M14RPI/Vytahy_a_el_pohony_I.pdf
- [8] 18. Výtahy. *Strojírenství*. [online]. [2010] [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/18-vytahy.html>
- [9] Petřínská lanovka. *NakedPrague.com*. [online]. © 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.nakedprague.com/video.php?id=8>
- [10] Stavební výtah Böcker HD 31K. *SVP půjčovna*. [online]. © 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.stavebni-vytahy.cz/stavebni-vytah-bocker-hd-31k.html>
- [11] Trakční výtahy se strojovnou. *LIFTCOMP a.s.* [online]. © 2013 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.liftcomp.cz/produkty/nove-vytahy/trakcni-vytahy-se-strojovnou>
- [12] high 2nd ride7. *rgbstock free stock photos*. [online]. 4.10.2011 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.rgbstock.com/bigphoto/nrjhju8/high+2nd+ride7>
- [13] Crystal Mountain. *alpinforum.com*. [online]. © 2014 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.crystallmountain.com/activities/chairlift-rides>
- [14] Stilsfer Joch, 9.8.2005. *alpinforum.com*. [online]. 8.12.2005 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://www.alpinforum.com/forum/viewtopic.php?t=12419>
- [15] *Hliník a jeho slitiny* [online]. 12.5.2011 [cit. 14-04-18]. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_bakalari/NOM2/HLINIK_a_jeho_slitiny_podklady.ppt
- [16] NEUFERT, Peter. *Navrhování staveb*. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000, xiv, 618 s. ISBN 80-901486-6-2.
- [17] Protiskluzové děrované plechy. *West Steel*. [online]. © 2006 – 2014 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.weststeel.cz/protiskluzove-derovane-plechy/>
- [18] Lichtgitter CZ. *Lichtgitter CZ*. [online]. © 2008 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.lichtgitter.cz/web/index.php?id=5&lng=cz>

- [19] Co nabízíme. *Alcom Alval*. [online]. © 2013 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.hlinik.cz/protiskluzove-hlinikove-plechy>
- [20] Drátěný koš, šířka 800 mm, výška 120 mm, hloubka 350 mm. *Element systems*. [online]. © 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.elementsystem.cz/dratene-police-kose-element-system/drateny-kos-sirka-800-mm-vyska-120-mm-hloubka-350-mm/>
- [21] Schneider Electric XAPM21 Odlévaná řídicí stanice 80 x 130 mm nevrtaná. *shopelektro.cz*. [online]. © 2009 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.shopelektro.cz/ovladaci-a-signalizacni-pristroje/schneider-electric/skrine-pro-ovladaci-a-signalizacni-pristroje/harmony-xald,-xalk/skrine-prazdne/skrine/kovova/schneider-electric-xapm21-odlevana-ridici-stanice-80-x-130-mm-nevrtana>
- [22] Principy. *Kotlín /senzory*. [online]. © 2014 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://kotlin-px.rtrk.cz/cs/snimace/opticke/principy-opticke.html>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MKP		-Metoda konečných prvků
FEKT		-Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT
b	[mm]	- světlá šířka uzavřeného čtvercového profilu
b_k	[mm]	- šířka kloubu
b_p	[mm]	- světlá šířka příčnicku
b_s	[mm]	- šířka sevřených součástí bez podložek
b_z	[mm]	- délka závitu pod maticí
d	[mm]	- velký průměr závitu
d_1	[mm]	- malý průměr závitu
d_2	[mm]	- střední průměr závitu
$d_{\check{c}}$	[mm]	- průměr čepu
f	[—]	- součinitel suchého statického tření ocel-hliník
g	[ms ⁻²]	- tíhové zrychlení
h	[mm]	- světlá výška uzavřeného čtvercového profilu
h_p	[mm]	- světlá výška příčnicku
$h_{\check{s}}$	[mm]	- tloušťka podložky
i	[—]	- počet podlahových podpor
i_p	[—]	- počet podpor
k	[—]	- požadovaná bezpečnost
k_1	[—]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu
k_2	[—]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu
$k_{1\check{c}}$	[—]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu (čepu)
$k_{2\check{c}}$	[—]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu (čepu)
k_{1p}	[—]	- součinitel bezpečnosti materiálu rámu (příčnicku)
k_{2p}	[—]	- součinitel bezpečnosti svarového kovu (příčnicku)
k_P	[Nmm ⁻¹]	- tuhost spojovaných součástí
k_s	[Nmm ⁻¹]	- tuhost spojovacích součástí (šroubu)
$k_{\check{s}t}$	[—]	- bezpečnost šroubu na tah
l	[mm]	- délka šroubu
l_b	[mm]	- délka části dříku se závitem v sevření
$l_{\check{c}}$	[mm]	- výpočtová délka čepu
l_g	[mm]	- délka válcové části dříku bez závitu
l_p	[mm]	- délka podpory
l_s	[mm]	- svěrná délka
l_{DF}	[mm]	- vzdálenost l_{DF}
l_{DG}	[mm]	- vzdálenost l_{DG}
m	[mm]	- výška matice
m_c	[kg]	- celkové zatížení na šroubové spoje
m_{cel}	[kg]	- celkové zatížení
m_n	[kg]	- nosnost výtahu
m_p	[kg]	- hmotnost podlahy
m_k	[kg]	- výpočtová hmotnost kabiny
q	[Nmm ⁻¹]	- spojitě zatížení na podpoře

x	[mm]	- maximální deformace
z	[mm]	- šířka svaru
z_z	[—]	- počet závitů v záběru
$A_{\check{c}}$	[mm]	- plocha čepu zatížená tlakem
A_s	[mm ²]	- výpočtový průřez šroubu
B	[mm]	- šířka uzavřeného čtvercového profilu
B_p	[mm]	- šířka příčnicku
C	[—]	- tuhostní konstanta spoje
E_1	[Mpa]	- Youngův modul pružnosti v tahu AlMgSi0,5
E_2	[Mpa]	- Youngův modul pružnosti v tahu AlMg5Cr(A)
E_3	[Mpa]	- Youngův modul pružnosti v tahu S235JR
F	[N]	- zatěžující síla
F'	[N]	- síla na jednu podporu
F_{ci}	[N]	- celková síla na i podpor
F_c'	[N]	- síla na jeden šroubový spoj
$F_{\check{c}}$	[N]	- zatížení čepu
F_G	[N]	- je síla od kloubu
F_i	[N]	- síla předpětí
F_q	[N]	- síla ze spojitého zatížení
F_P	[N]	- výsledné silové zatížení spojovaných součástí v provozním stavu
F_s	[N]	- výsledné silové zatížení šroubu v provozním stavu
H	[mm]	- výška uzavřeného čtvercového profilu
H_1	[mm]	- nosná výška závitu
H_p	[mm]	- výška příčnicku
J_z	[mm ²]	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů
$J_{z\check{c}}$	[mm ²]	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů (čepu)
J_{zp}	[mm ²]	- celkový osový kvadratický moment účinných průřezů (příčnicku)
J_{zu}	[mm ²]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
$J_{zu\check{c}}$	[mm ²]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu (čepu)
J_{zup}	[mm ²]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu (příčnicku)
M_O	[Nmm]	- ohybový moment
$M_{O\check{c}}$	[Nmm]	- ohybový moment na čepu
M_{Op}	[Nmm]	- ohybový moment na příčnicku
P	[mm]	- rozteč závitu šroubu
$P_{\check{c}}$	[MPa]	- tlak na čep
P_{D1}	[Mpa]	- dovolený tak AlMgSi0,5
$P_{D\check{s}}$	[MPa]	- dovolené otlačení materiálu šroubu
$P_{\check{s}}$	[MPa]	- otlačení šroubu
R_{es}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku
R_{e1}	[Mpa]	- mez kluzu AlMgSi0,5
R_{e2}	[Mpa]	- mez kluzu AlMg5Cr(A)
R_{e3}	[Mpa]	- mez kluzu S235JR
$R_{es\check{c}}$	[MPa]	- mez kluzu ve smyku svaru (čepu)

R_{esp}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku svaru (příčnicku)
$R_{el\check{s}}$	[MPa]	- minimální dolní mez kluzu šroubu
R_{m1}	[MPa]	- mez pevnosti v tahu AlMgSi0,5
R_{m2}	[MPa]	- mez pevnosti v tahu AlMg5Cr(A)
R_{m3}	[MPa]	- mez pevnosti v tahu S235JR
$R_{m\check{s}}$	[MPa]	- minimální pevnost v tahu šroubu
S	[mm ²]	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje
$S_{\check{c}}$	[mm ²]	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje (čepu)
S_d	[mm]	- plocha průřezu válcové části dřívku bez závitů
S_p	[mm ²]	- velikost celkového účinného průřezu svarového spoje (příčnicku)
$W_{o\check{c}}$	[m ³]	- průřezový modul v ohybu (čepu)
W_{op}	[m ³]	- průřezový modul v ohybu (příčnicku)
β	[—]	- součinitel β
β_p	[—]	- součinitel β (příčnicku)
$\beta_{\check{c}}$	[—]	- součinitel β (čepu)
$\beta_{\sigma D}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$
$\beta_{\sigma D \check{c}}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$ (čepu)
$\beta_{\sigma D p}$	[MPa]	- součinitel $\beta_{\sigma D}$ (příčnicku)
ΔF_P	[N]	- část provozní síly F_c' přenášená spojovanými součástmi
ΔF_S	[N]	- část provozní síly F_c' přenášená šroubem
μ	[—]	- Poissonův poměr
σ_o	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu
$\sigma_{o\check{c}}$	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu (čepu)
σ_{op}	[MPa]	- maximální normálové napětí od ohybu (příčnicku)
σ_T	[MPa]	- tahové napětí ve šroubu
τ	[MPa]	- výsledné smykové napětí
τ'	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
τ''	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
τ^*	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje podle ČSN 05 0120
$\tau_{\check{c}}$	[MPa]	- výsledné smykové napětí svaru (čepu)
$\tau'_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou (čepu)
$\tau^*_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje (čepu) podle ČSN 05 0120
$\tau''_{\check{c}}$	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem (čepu)
τ_p	[MPa]	- výsledné smykové napětí svaru (příčnicku)
τ'_p	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou (příčnicku)
τ''_p	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem (příčnicku)
τ^*_p	[MPa]	- smykové napětí svarového spoje (příčnicku) podle ČSN 05 0120

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

9

Obr. 1-1	Schéma hydraulického výtahu s přímým pohonem [5]	15
Obr. 1-2	Schéma výtahu s pneumatickým pohonem [6]	16
Obr. 1-3	Osobní trakční výtah [11]	17
Obr. 1-4	Schéma výtahu [8]	19
Obr. 1-5	Schéma výtahového stroje [8]	19
Obr. 1-6	Lanová dráha na rozhlednu Petřín [9]	20
Obr. 1-7	Stavební výtah Böcker HD 31K [10]	20
Obr. 1-8	Kabina osobního výtahu [11]	21
Obr. 1-9	Uzavřená kabina lanovky [12]	21
Obr. 1-10	Otevřené kabiny lanovky [13], [14]	22
Obr. 3-1	Základní tvar kabiny	25
Obr. 3-2	Ergonomie člověka pro podobné případy [16]	25
Obr. 3-3	Náhled varianty A	26
Obr. 3-4	Náhled varianty A, detail spoje	26
Obr. 3-5	Čtvercový profil 30x30x2-301	26
Obr. 3-6	Kloubový spoj	27
Obr. 3-7	Krajní polohy sedátka	27
Obr. 3-8	Základna kabiny	28
Obr. 3-9	Protiskluzový děrovaný plech [17]	28
Obr. 3-10	Podlahový rošt [18]	29
Obr. 3-11	Protiskluzový plech [19]	29
Obr. 3-12	Jednokřídlé dveře	30
Obr. 3-13	Dvoukřídlé dveře	31
Obr. 3-14	Dvoukřídlé dveře detail	31
Obr. 3-15	Detail na okolí protikusů dveřní zarážky	32
Obr. 3-16	Detail opláštění	33
Obr. 3-17	Barevné kombinace opláštění kabiny	34
Obr. 3-18	Drátěný koš [20]	35
Obr. 3-19	Náhled na kabinu s plechovým košem	35
Obr. 3-20	Detail plechového koše	36
Obr. 3-21	Detail obruby	36
Obr. 3-22	Uchycení klece k podvozku	37
Obr. 3-23	Detail předepjatého šroubového spoje 1	37
Obr. 3-24	Detail předepjatého šroubového spoje 2	38
Obr. 3-25	Návrh nástupní plošiny	38
Obr. 3-26	Odlévaná řídicí stanice Schneider Electric XAPM21 [21]	39
Obr. 3-27	Princip jednocestné závory [22]	39
Obr. 3-28	Umístění přípravku pro připevnění řídicí stanice	40
Obr. 3-29	Detail prostoru pro umístění jednocestné závory	40
Obr. 4-1	Výsledné konstrukční řešení	41
Obr. 4-2	Zatížení podlahových podpěr	43
Obr. 4-3	Průřez podlahovou podpěrou	43
Obr. 4-4	Spojité zatížení podlahové podpory	44
Obr. 4-5	Zjednodušení výpočtového modelu (poloviční model)	44
Obr. 4-6	Schéma vzorového modelu šroubového spoje [2]	47
Obr. 4-7	Zatížený model v programu Ansys	48

Obr. 4-8 MKP výpočtový model (špatný)	49
Obr. 4-9 MKP výpočtový model (správný)	49
Obr. 4-10 Zatížení čepu	52
Obr. 4-11 Zatížení čtvercových profilu sklopného sedátka	55
Obr. 4-12 Průřez čtvercového profilu	55
Obr. 4-13 Zatížení příčky držící sklopné sedátko	57
Obr. 4-14 Zjednodušení výpočtového modelu	57
Obr. 4-15 Průřez příčnicí	57
Obr. 4-16 MKP modelový případ 1	60
Obr. 4-17 MKP modelový případ 2	60
Obr. 4-18 MKP modelový případ 3	61

10 SEZNAM TABULEK

10

Tab. 1 Cenová kalkulace

41

11 SEZNAM PŘÍLOH

S-2014-L000
4-2014-L001
4-2014-L002
4-2014-L003
4-2014-L004
4-2014-L005
4-2014-L006
4-2014-L007
4-2014-L008
4-2014-L009
4-2014-L010
4-2014-L011
4-2014-L012
4-2014-L013
4-2014-L014
4-2014-L015
4-2014-L016
4-2014-L017
4-2014-L018
4-2014-L019
4-2014-L020
4-2014-L021
S-2014-L100
4-2014-L101
4-2014-L102
4-2014-L103
4-2014-L104
S-2014-L200
4-2014-L201
4-2014-L202
4-2014-L203
4-2014-L204
S-2014-L300
4-2014-L301
4-2014-L302
S-2014-L400
4-2014-L401
4-2014-L402
S-2014-L500
4-2014-L501
S-2014-L600
3-2014-L601
3-2014-L602
S-2014-L700
3-2014-L701

3-2014-L702
3-2014-L703
3-2014-L704
3-2014-L705
3-2014-L706
3-2014-L707
3-2014-L708
3-2014-L709
3-2014-L710
3-2014-L711
4-2014-L712
4-2014-L713
S-2014-L800
4-2014-L801
4-2014-L802
0-2014-JL01